DIE KORREKTUROSTEOTOMIE AM DISTALEN RADIUS BEI POSTTRAUMATISCHER FEHLSTELLUNG

Gabriele Birkenfeld

Diss
München
1984

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546002_0034

Aus der Chirurgischen Klinik, Innenstadt,
der Universität München
Direktor: Prof.Dr.med. L. Schweiberer

DIE KORREKTUROSTEOTOMIE AM DISTALEN RADIUS BEI POSTTRAUMATISCHER FEHLSTELLUNG

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und der Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Gabriele Birkenfeld

aus

München

1984

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät

der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. K. Wilhelm

Mitberichterstatter: Prof. Dr. L. Schweiberer

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 26.07.1984

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

MEINEN ELTERN GEWIDMET

INHALTSVERZEICHNIS

I. DIE DISTALE RADIUSFRAKTUR

1. Einteilung der Frakturformen 3

1.1 Anatomie 3

1.2 Entstehungsmechanismus der typischen Radiusfraktur 7

1.3 Die Smith-, Barton- und Trümmerfraktur 10

2. Die Behandlung der Frakturen 12

2.1 Die konservative Versorgung der Colles-Fraktur 12

2.2 Die operative Versorgung der Colles-Fraktur 16

2.3 Die Behandlung der Smith-, Barton- und Trümmerfraktur 18

3. Komplikationen und Spätfolgen der distalen Radiusfraktur 19

4. Analyse der Endergebnisse distaler Radiusfrakturen 29

4.1 Beeinflussende Faktoren 29

4.2 Arbeitsmedizinische Aspekte 31

5. Operationsverfahren zur Behandlung der posttraumatischen Fehlstellung am distalen Radius 32

5.1 Die bogenförmige Osteotomie 33

5.2 Die Verkürzungsosteotomie der Elle 33

5.3 Die Resektion des distalen Ulnaendes 35

5.4 Die Kombination von distaler Ulnaresektion und Radiusverlängerungsosteotomie 37

5.5 Die Handgelenksarthrodese 37

5.6 Die Denervation 39

6. Zur Knochentransplantation 41

II. DIE AUFRICHTUNGSOSTEOTOMIE AM DISTALEN RADIUS

1. Bisherige Erfahrungen und Ergebnisse 45
2. Der operative Eingriff 47
2.1 Klinisches Bild 47
2.2 Indikationen und Kontraindikationen zur Korrekturosteotomie 48
2.3 Die Beurteilung des Röntgenbildes 49
2.4 Technik der Aufrichtungsosteotomie am distalen Radius 52
2.5 Nachbehandlung 56

III. VERGLEICHENDE ERGEBNISSE NACH KORREKTUROSTEOTOMIE AN 38 PATIENTEN

1. Patientenkollektiv 57
1.1 Alters- und Geschlechterverteilung 57
1.2 Frakturformen 58
1.3 Prä- und postoperative Zeitfaktoren in der Behandlung und Kontrolle der Korrekturosteotomie 61

2. Präoperativer Zustand 62
2.1 Röntgenologischer Befund 62
2.2 Subjektive Bewertung 66
2.3 Bestehende Begleitkomplikationen 72

3. Postoperative, vergleichende Ergebnisse 74
3.1 Röntgenologischer Befund 74
3.2 Objektive funktionelle Bewertung 75

3.3 Postoperative Begleitkomplikationen 85
3.4 Subjektive Bewertung 88
3.5 Auswirkungen auf die berufliche Situation des Patienten 86

4. Analyse möglicher Einflußfaktoren auf das Endergebnis 97
Klassifizierung der Endergebnisse 97
4.1 Alter 100
4.2 Geschlecht 102
4.3 Frakturtyp 104
4.4 Abriß des Proc. styloideus ulnae 107
4.5 Genauigkeit der anatomischen Rekonstruktion 110
4.6 Vorbestehende Begleitkomplikationen 114
4.7 Zeitintervall zwischen Fraktur und Korrekturosteotomie 116
4.8 Zeitintervall zwischen Korrekturosteotomie und Materialentfernung 119
4.9 Zeitintervall zwischen Korrekturosteotomie und Nachuntersuchung 122

Diskussion 125

Zusammenfassung 129

Literaturhinweise 131

Einleitung

In der Bibliotheka Laurenziana in Florenz findet man in einem griechischen Manuskript (MS No. LXXIV, 7) eines der schönsten illustrierten Werke über Behandlungsmethoden in der Chirurgie.

Unter vielem anderen enthält dieses Buch einen bebilderten Kommentar zu Hippokrates' Werk "Über die Gelenke", verfaßt im letzten Jahrhundert vor Christus von Apollonios von Kition auf der Insel Zypern. Seine graphischen Darstellungen der Behandlung von Dislokationen gehören zu den ältesten in der Geschichte der westlichen Chirurgie.

Zwei der Abbildungen in Apollonios' Werk befassen sich mit der Einrenkung einer "Dislokation" des Handgelenks. In beiden Fällen legt der Patient sein verletztes Handgelenk auf den Tisch. In einem Fall sind Zug und Manipulation offensichtlich ausreichend, um die normale Situation wiederzustellen (Abb. 1a). Im anderen Fall, bei der Behandlung zweier Patienten, erfordert die Reponierung eindeutig einen größeren Druck, den der Chirurg mit seinem eigenen Körpergewicht ausübt (Abb. 1b).

Ein Mangel an genauen anatomischen Kenntnissen erklärt wahrscheinlich die Tatsache, daß selbst ein Arzt von Hippokrates' Erfahrung eine typische Radiusfraktur nicht als solche erkannte sondern als Dislokation mißverstand. Selbst die großen französischen Chirurgen des Mittelalters und die arabischen Autoren, die sogar detaillierte Beschreibungen über vier Arten von "Handgelenksdislokationen" anboten, erwähnten niemals die Fraktur.

Die wahre Natur der angeblichen Dislokation wurde erst in Dublin erkannt. Die irische Hauptstadt war in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts eines der Weltzentren der Medizin mit berühmten Internisten wie Sir D.J. Corrigan

Abb. 1a und b
Die Behandlung der "Dislokation" des distalen Radius zur Zeit Hippokrates'. nach D. de Moutin: Fracture of the lower end of the radius: an obscure injury for many centuries. Arch. chirurgic. Neerlandicum (1977) 213-216 (s. Lit.-Hinweis 45).

(Corrigan's Puls), Robert Adams und William Stokes (Adam-Stokes-Syndrom), R.J. Graves (M. Basedow, im anglikanischen Schrifttum als Graves' disease bekannt) und John Cheyne (Cheyne-Stokes'sche Atmung), mit dem Spezialisten für Hals-Nasen-Ohren Erkrankungen Sir William Wilde (Oscar Wilde's Vater) und nicht zuletzt einer Gruppe fähiger Chirurgen, allen voran Abraham Colles (1773 - 1843). Von 1804 bis 1836 war er als Professor der Anatomie, Physiologie und Chirurgie am Royal College of Surgeons of Ireland tätig. Von seinen verschiedenen Publikationen kann "Eine Abhandlung über chirurgische Anatomie", ein Textbuch der topographischen Anatomie, als sein Meisterwerk bezeichnet werden. Neben der Erstbeschreibung der lymphogenen Metastasierung des Mammacarcinoms gab er in diesem Werk einen Gesamtüberblick über den Stand der Chirurgie seiner Zeit.

Die Tatsache, daß sein Name für die Nachwelt unvergessen blieb, verdankt Abraham Colles jedoch einer anderen Publikation, die 1814 im "Edinburgh medical and surgical Journal" erschien, in der er die klassische Beschreibung der Fraktur des Handgelenks festhält. In seiner Einleitung findet sich folgender Satz: "Das Fehlen von 'Crepitus' und anderen üblichen Zeichen der Fraktur, zusammen mit der Schwellung, die sofort, wie bei anderen Verletzungen des Handgelenks zunimmt, ergibt die beträchtliche Schwierigkeit der Feststellung der wahren Natur des Falles."
Dieses Zitat beinhaltet eine Erklärung, warum die Fraktur für so lange Zeit fehlgedeutet wurde. Der Rest der nur vier Seiten langen Abhandlung enthält eine höchst genaue klinische Beschreibung der Fraktur sowie Richtlininen für ihre Behandlung. Diese Veröffentlichung gilt als einer der "Klassiker" der chirurgischen Literatur.

Die Erfindung des Gipsverbandes durch den niederländischen Militärarzt Mathijsen (1852) und seine Anwendung als sogenannte Böhler-Schiene durch den Wiener Unfallchirurgen Lorenz Böhler runden die Geschichte der typischen Radiusfraktur ab, einer Verletzung, deren richtige Erkennung sogar den prominentesten Chirurgen 23 Jahrhunderte lang mißglückte (45).

I. DIE DISTALE RADIUSFRAKTUR

1. Einteilung der Frakturformen

1.1. Anatomie

Die anatomischen Grundlagen, die für eine Diskussion über Frakturen des distalen Radius von Bedeutung sind, beschränken sich auf Form und Struktur des Knochenendes, die gelenkigen Verbindungen mit dem Carpus und der Ulna

sowie auf die stabilisierenden Ligamente. Die Sehnen, Nerven und Gefäße dieser Region sind primär nur selten betroffen.

Am distalen, etwa viereckig geformten Radiusende ist der spongiöse Knochen nur von einer relativ dünnen Corticalisschicht bedeckt, deren schmalste Stelle sich einige Zentimeter proximal in der Metaphyse befindet. In den meisten Fällen verläuft die Frakturlinie durch diesen vornehmlich spongiösen Knochenbezirk.

Das Radiusende weist zwei Gelenkflächen auf. Die distale Oberfläche, die Facies articularis carpea, artikuliert mit dem Os naviculare und dem Os lunatum. Sie weist eine volare und radiale Abweichung im Verhältnis zur Längsachse des Radiusschaftes auf. Die incisura ulnaris, die mit dem capitulum ulnae artikuliert, besteht aus einer nur etwa einen halben Quadratzentimeter großen Fläche am äußersten Ende der Radiusepiphyse.

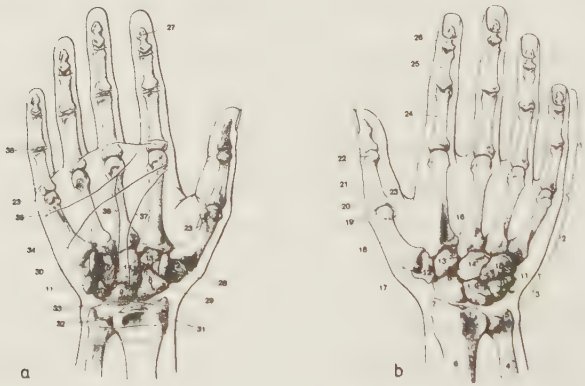


Abb. 2a
Handskelett, Ansicht von palmar und dorsal
nach Frick H. et al.: Allgemeine Anatomie - Spezielle Anatomie I, Thieme Verlag Stuttgart (1977) (s. Lit.-Hinweis 23).

Die dünne, gemeinsame Kapsel der beiden Gelenke ist am Rand der Gelenkoberfläche befestigt und wird durch mehrere Ligamente verstärkt. Das kräftigste ist das Ligamentum radiocarpeum palmare; es verläuft vom Proc. styloideus radii und dem angrenzenden Bezirk des distalen Radiusrandes schräg ulnarwärts und setzt fächerförmig am Os lunatum, triquetum, capitatum und hamatum an. Das bedeutend schwächere Lig. radiocarpeum dorsale zieht vom Radiusende zum Os triquetrum und Os capitatum. Beide Bänder werden vor allem bei der Radialabduktion angespannt.

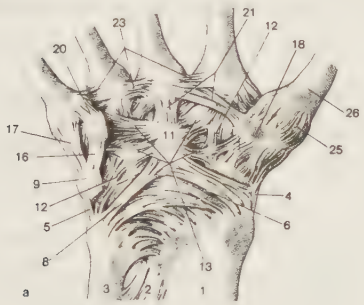
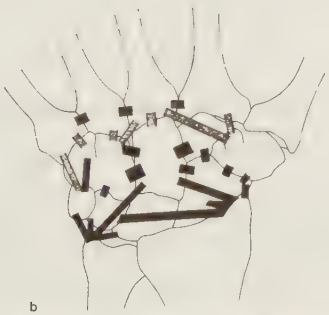


Abb. 2b
Bänder der Handgelenke, Ansicht von palmar und dorsal
nach Frick H. et al.: Allgemeine Anatomie - Spezielle Anatomie I, Thieme Verlag Stuttgart (1977) (s. Lit.-Hinweis 23).



Ein Kollateralband zieht vom Proc. styloideus radii zum Os naviculare, es wird bei Ulnarabduktion gedehnt, ein weiteres Kollateralband verläuft zwischen Proc. styloideus ulnae zum Os pisiforme und Os triquetrum und ist bei Radialabduktion angespannt.

Die dorsalen und palmaren Carpalligamente verlaufen in transversaler Richtung vom Radius zur Ulna und von den dorsalen und volaren Rändern zu den Sehnenscheiden der Hand und der Finger.

Zu den die Handgelenksregion stabilisierenden Strukturen kann auch der Musc. pronator quadratus gezählt werden, der im distalen Viertel die Vorderfläche der Ulna und des Radius verbindet.

Während die distale Gelenkfläche des Radiocarpalgelenks von der proximalen Reihe der Carpalknochen gebildet wird, besteht die proximale Gelenkfläche aus der Facies articularis carpea des Radius und dem Discus triangularis. Er nimmt seinen Ausgang von der incisura ulnaris des Radius und zieht konvergierend zur Basis des Proc. styloideus ulnae. Dieser Diskus ist den gleichen degenerativen Veränderungen wie ähnliche Strukturen anderer Gelenke unterworfen; so findet man bei älteren Leuten häufig Fissuren in dem Gewebe.

Nachdem auf die meisten, das distale Radioulnargelenk stabilisierenden Faktoren schon näher eingegangen wurde, sollen hier die Strukturen, die speziell das capitulum ulnae betreffen nur zusammenfassend angegeben werden. Neben der Membrana interossea, der Gelenkkapsel, den palmaren und dorsalen radioulnaren Ligamenten, dem Discus triangularis und dem Musc. pronator quadratus verbinden vor allem die palmaren und dorsalen Carpalligamente sowie das ulno-carpale Ligament das Ulnaköpfchen mit seiner Umgebung (40, 23).

1.2. Entstehungsmechanismus der typischen Radiusfraktur.

Vor allem im vorigen Jahrhundert wurden zahlreiche Experimente zur Erforschung des Entstehungsmechanismus der distalen Radiusfraktur unternommen, man einigte sich schließlich auf zwei Haupttheorien. Doch zeigten gerade neuere Untersuchungen, daß ein komplexer, multifaktorieller Vorgang für die Verletzung maßgeblich ist, der auch der vielfältigen Erscheinungsform der distalen Radiusfraktur entspricht.

Die Fraktur entsteht in den meisten Fällen indirekt als Überstreckungsbruch durch Fall auf die ausgestreckte Hand. Die beim Aufprall entstehenden Druckkräfte werden entweder über das Os lunatum und das Os naviculare (a), über das Os naviculare (b), oder über das Os lunatum (c) auf das handgelenknahe Speichenende übertragen (34):

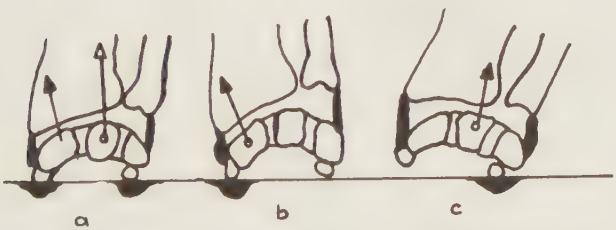


Abb. 3
Der Carpalboden überträgt beim Aufprall die Druckkräfte auf das handgelenknahe Speichenende.
nach E. Koob: Der handgelenknahe Speichenbruch im Erwachsenenalter. Orthopäde 4 (1975) 14-18 (s. Lit.-Hinweis 34).

Dabei bleibt das kräftige volare Ligament ebenso intakt wie die carpale Gelenkfläche. Die distale Speichenepiphyse schließlich frakturiert unter der Gewalt des Aufpralles an der schwächsten Stelle des Knochens nur wenig

proximal des distalen Endes. Die erforderliche Kraft, um den Radius an dieser klassischen Stelle zu brechen, betrug im Experiment zwischen 195 kp und 285 kp. Dabei muß das Handgelenk 40 bis 90° nach dorsal flektiert sein und außerdem noch eine Radial- oder Ulnarduktion zwischen 0 und 35° aufweisen.

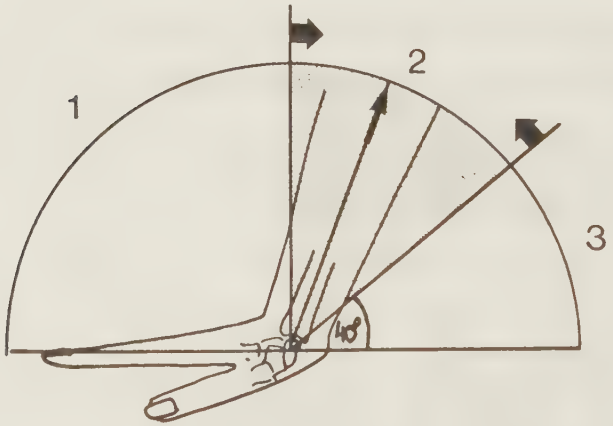


Abb. 4
Abhängigkeit der Frakturlokalisation vom Winkel zwischen Hand und Unterarm beim Sturz auf die ausgestreckte Hand: bei einem Winkel von 40 bis 90° (punktierter Bereich) entsteht eine Radiusfraktur loco classico, bei einem Winkel unter 40° (3) eine Unterarmfraktur und bei einem Winkel über 90° (1) eine Fraktur der Handwurzelknochen.
nach H. Nigst: Handgelenknahe Speichenbrüche des Erwachsenen. Unfallheilkunde 82 (1976) 1-6 (s. Lit.-Hinweis 47).

Bei geringerer Dorsalflexion als 40° entstehen Unterarmbrüche, bei einem Winkel über 90° kann es zu Luxationen oder Frakturen der Handwurzelknochen kommen (47).

Bei nahezu 90% der Betroffenen befindet sich die nach dorsal flektierte Hand beim Aufprall in der o.a. Stellung und führt damit zum Bild der Radiusfraktur loco typico, der sog. Colles-Fraktur. Durch die beim Sturz auf den distalen Radius übertragenen Kräfte kommt es zu einer Verschiebung des Bruchstücks nach dorsal und radial. Dabei reißt in mehr als 50% der Fälle der Ellengriffel oder das ulnare Collateralband ab durch die extreme Dehnung der das distale Radioulnargelenk verbindenden Ligamente. Die Verlagerung des distalen Fragments nach radial kann verstärkt werden, wenn eine Beugung im Ellenbogengelenk eintritt, wodurch die Achse weiter ulnarwärts verschoben wird.

Durch die straffe Verbindung der Unterarmknochen wird jedoch die Parallelverschiebung der beiden Unterarmknochen weitgehend abgefangen und eine Druckverteilung auf Elle und Speiche erreicht, ein Mechanismus, dem es wohl zu verdanken ist, daß sich die Häufigkeit des distalen Speichenbruchs in Grenzen hält (34).
Neben der Verschiebung des Bruchstücks nach dorsal und radial kommt es häufig noch zum Abbruch eines dorsalen Biegungskeils, die Spongiosa des peripheren Radiusendes wird komprimiert (was in der Folge durch Resorptionsvorgänge zur Bildung einer Knochenhöhle führt). Nicht selten ist das distale Fragment zudem in das proximale eingestaucht und im ungünstigsten Fall sogar in sich zerbrochen (8).

Der Speichenbruch kommt also in Überstreckung durch Biegungs-, Kompressions- und Zugkräfte zustande. Die Winkelstellung der Hand im Augenblick des Unfalls, der Treffpunkt und die Richtung des Stoßes, die Größe der übertragenen Kraft und die vom Alter abhängige unterschiedliche Knochenstruktur bestimmen im wesentlichen die Form der Fraktur und unter Umständen das Spätresultat.

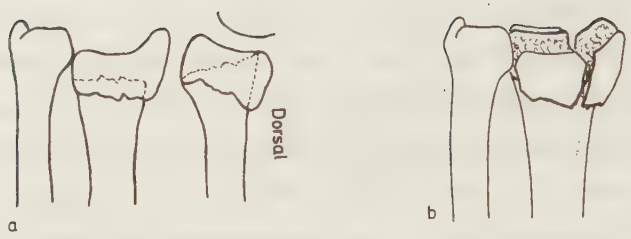


Abb. 5a und b
Verschiebung des distalen Radiusendes nach dorsal und radial (a) mit Fraktur des peripheren Fragments (b).

1.3. Die Smith-, Barton- und Trümmerfraktur.

Neben der Colles-Fraktur, dem Radiusbruch an typischer Stelle mit Abweichung des Fragments nach dorsal, ist vor allem die nach ihrem Erstbeschreiber Robert William Smith (1847) benannte Fraktur der distalen Speiche mit Verschiebung des Bruchstücks zur Palmarseite von praktischer Bedeutung. Im Vergleich zur Colles-Fraktur tritt sie selten auf (1:9), ihr Entstehungsmechanismus ist der Sturz auf die palmar flektierte Hand (20). Die Smith-Fraktur wird nach Thomas in drei Typen eingeteilt, die sämtlich eine Kippung der Hand nach volar zur Folge haben (Abb. 6).

Typ II der Smith-Frakturen ist in der englischen Literatur als "reversed Barton's fracture" bekannt (49). Die eigentliche "Bartons's fracture" wurde neun Jahre vor der Smith-Fraktur von Rhea Barton erstmals beschrieben. Diese Bruchform entsteht durch ein Hyperextensions- und Impressionstrauma, wobei ein intraartikulärer dorsaler Keil abgesprengt wird; damit ist die von Barton beschriebene Fraktur dem Erscheinungsbild und auch der Pathogenese der Colles-Fraktur näher verwandt.

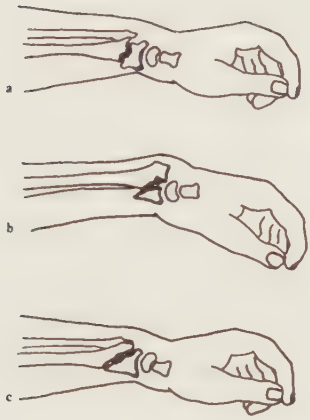


Abb. 6
Smith Frakturen a Typ I (quer), b Typ II (intraartikulär), c Typ III (schräg) nach D.L. Fernandez u. G. Mäder: Die Behandlung der Smith-Frakturen. Arch. orthop. Unfallchir. 90 (1977) 199-211 (s. Lit.-Hinweis 20).

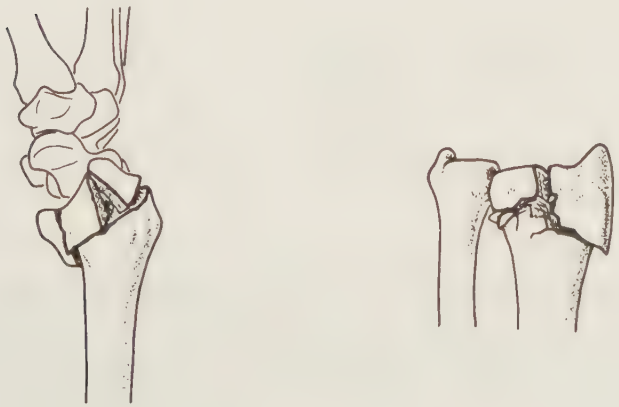


Abb. 7
Trümmerfraktur der distalen Radiusepiphyse mit Spongiosadefekt.
nach U. Heim und K.M. Pfeiffer: Periphere Osteosynthesen. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1972 (s. Lit.-Hinweis 26).

Die Trümmerfraktur schließlich ist ein besonders schweres Erscheinungsbild der distalen Radiusfraktur mit Verwerfung der Gelenkflächen, intraartikulärer Beteiligung und erheblichem Spongiosadefekt (Abb. 7):

2. Die Behandlung der Frakturen

2.1. Die konservative Versorgung der Colles-Fraktur.

Das Ziel der konservativen Behandlung des typischen distalen Speichenbruchs ist die Aufhebung der Dreifachdislokation mit dorsaler Verschiebung, dorsaler Kippung und radialer Verschiebung:

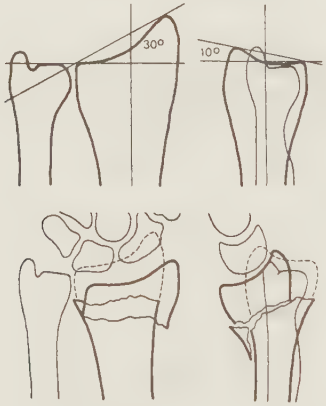


Abb. 8
Typische Dreifachdislokation eines distalen Speichenbruches mit dorsaler Verschiebung, dorsaler Kippung und radialer Verschiebung.
nach L. Schweiberer: Frakturen und Luxationen im Bereich des distalen Radiusendes und der Handwurzel. Langenbecks Arch. Chir. 334 (1973) 171-179 (s. Lit.-Hinweis 57).

Charnley hat den Repositionsvorgang treffend mit dem Ineinandergreifen zweier Zahnräder verglichen (11). Durch einfache Volarkippung bei der Reponierung würde das periphere Radiusende nicht in das Hauptfragment einrasten; die eingestauchte Fraktur muß erst durch Distraktion und vermehrte Dorsalabwinkelung gelöst werden, dadurch stehen sich die Fragmente in anatomischer Anordnung gegenüber. Schließlich wird durch Beugung und leichten Daumendruck die volare Corticalis wieder in die richtige Stellung gebracht. Dabei kann das meist noch erhalten gebliebene Periost der Sehnenscheiden wie ein Zügel redressierend und stabilisierend wirken.

Dieser mechanische Vorgang zur Lösung einer Colles-Fraktur wird heute zunehmend nach der von Lorenz Böhler 1963 beschriebenen Methode der "Reposition in Aufhängung" durchgeführt. Dabei wird der Daumen mit einem sog. "Mädchenfänger" in Aufhängung fixiert und der Oberarm bei rechtwinklig gebeugtem Ellenbogengelenk mit einem als Gegenzug wirksamen Gewicht von 3 - 4 kg belastet. Durch die sich in dieser Position ergebende Ulnarduktion des Handgelenks wird der radiale Knick ausgeglichen, gleichzeitig wird die Einstauchung gelöst und die Abkippung nach dorsal behoben. Meist genügt nun ein Daumendruck auf die Dorsalseite des distalen Speichenendes bei leichtem volaren Gegenhalt, um eine noch verbliebene Dislokation zu beseitigen (Abb. 9).

Schweiberer (57) weist darauf hin, daß bei dieser Reponierung unbedingt der aufgehangene Daumen, nicht jedoch die Hohlhand zur Schulter des Patienten zeigt, da es sonst bei Fixation in dieser Stellung zu einer Verdrehung des peripheren Bruchstücks in Supinationsstellung kommt; die Folge wäre eine stark behinderte Pronation.

Abb. 9

Reposition der distalen Radiusfraktur in Vertikalextension.
aus L. Schweiberer: Frakturen und Luxationen im Bereich des distalen Radiusendes und der Handwurzel. Langenbecks Arch. Chir. 334 (1973) 171-179 (s. Lit.-Hinweis 57).

In dieser Position wird die dorsale Gipsschiene angelegt, die den Radius umfassen und nach volar übergreifen muß, um durch den volaren Gegenhalt in stabilisierender Drei-Punktverspannung ein sekundäres Abgleiten zu verhindern, was zudem noch durch die nach ulnar konkave Linie des Gipsverbandes unterstützt wird. Bei den am Handgelenk wirksamen Muskeln ergibt sich ein Übergewicht der Beuger gegenüber den Streckern mit der Konsequenz, daß zur Vermeidung einer Beugekontraktur die Ruhigstellung des Handgelenks in etwa 30° Dorsalflexion erfolgen sollte (47).

Durch Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen wird nun die Stellung der reponierten Fraktur kontrolliert. Dabei sollte bestätigt werden, daß der anatomische

Speichenschaftgelenkwinkel nach Böhler von 30 Grad in a.p. und von 10 Grad in seitlicher Stellung wieder erreicht wurde (8). In der Seitenaufnahme sollten sich Elle und Speiche bei übereinander projezierten 2. - 5. Mittelhandknochen überdecken.

Von größter Wichtigkeit sind die röntgenologischen Nachkontrollen, da durch den auf der Dorsalseite durch Absplitterung bedingten Knochendefekt sowie durch Umbau- und Resorptionsvorgänge in der Spongiosa eine Knochenhöhle entsteht, in die hinein es häufig zu einem sekundären Abgleiten der reponierten Fraktur kommt. Zudem fällt nach Abschwellen des Frakturhämatoms die innere Schienung weg. Mit der Unterarmgipsschiene wird von der allgemeinen Regel der Ruhigstellung der beiden benachbarten Gelenke abgewichen, sodaß auch der wieder einsetzende Tonus der Unterarmmuskulatur, die Drehbewegungen des Unterarms und der Zug des am lateralen Rand des distalen Radius ansetzenden Musculus brachioradialis für das erneute Abgleiten des peripheren Fragments begünstigend wirken können (51).
Fenyö und Johannson (19) wiesen in einer 1974 erschienen Studie darauf hin, daß zwischen dem 5. und 15. Tag nach Reponierung die meisten sekundären Verschiebungen stattfinden, in einigen außergewöhnlichen Fällen trat sogar noch 40 Tage nach der Erstversorgung eine Radiusredislokation ein. Im Durchschnitt kann etwa jedes 5. Repositionsergebnis nicht gehalten werden. Eine konsequente Nachkontrolle über mindestens sechs Wochen trägt sicherlich mit dazu bei, die bedenklich hohe Zahl in Fehlstellung verheilter distaler Radiusfrakturen zu senken.

2.2 Die operative Versorgung der Colles-Fraktur.

Die stete Gefahr der Radiusredislokation, aber auch der Arthrose und des Morbus Sudeck, die sich nach mehreren Repositionsmanövern noch erhöht, hat schon früh zur Suche nach operativen Behandlungsmöglichkeiten der Colles-Fraktur geführt.

1907 empfahl Lambotte die blutige Reposition und Fixation mit Nägeln und Schrauben. Mehr als 50 Jahre später griff Willenegger (70) die Idee wieder auf, konnte jedoch mit perkutaner Drahtspickung der reponierten Fraktur auch ohne Eröffnung der Wundhöhle ausgezeichnete Ergebnisse erzielen. Hierbei wird unter Röntgenbildkontrolle ein Kirschner-Draht (der in seiner Spannkraft mit Rush-pins vergleichbar ist) in einem Winkel von 30 - 45° vom Processus styloideus radii schräg nach distal bis zur ulnaren Corticalis des Radius eingebohrt. Die einzige wesentliche Verletzungsmöglichkeit ist die des Ramus superficialis n. radialis der am dorsalen Rand der Sehnengruppe der Mm. ext. poll. longus und abd. poll. brevis verläuft. Diese Methode eignet sich vor allem bei Frakturen, bei denen die distale Epiphyse als Ganzes abgebrochen ist.

Auch Ebel (13), der 19% der distalen Radiusfrakturen operativ mit zwei geschränkten Kirschnerdrähten versorgte, erreichte bei dieser Frakturform die besten Ergebnisse. Frank (22) empfiehlt die Kombination von Oberarmgipsverband und innerer Fixation mittels zweier parallel gelegener Bohrdrähte, die jedoch bis in die Corticalis der Elle reichen sollten, um eine größere Stabilisierung zu erreichen. Kaiser (32), Weiß (67) und Steinmann (61) halten die Spickdrahtfixation auch noch bei jenen Frakturen für die beste Behandlungsmethode, bei denen das Gelenkplateau in zwei bis drei größere Fragmente gespalten ist. Titze (64) weitet die Indikation zur operativen Versorgung des typischen Speichenbruchs mittels Kirschner-Drähten aus auf Frakturen mit rupturierter distaler radioulnaren Gelenkverbindung. Die Vorteile der Draht-

fixation liegen auf der Hand: der einfach durchzuführende Eingriff sichert zuverlässig die Retention im Gipsverband. Diese nur temoräre (6 - 8 Wochen), innere Fixation sollte nicht erst bei mehrfach redislozierten oder unhaltbaren Frakturen angewandt werden, sondern primär bei jeder drohenden Fragmentverschiebung.

Eine weitere Methode zur Erhaltung des Repositionsergebnisses wird von Kristiansen und Gjersøe (36) beschrieben. Mit Hilfe einer dorsal angelegten sog. K-Schiene, deren fingerförmige Ausläufer zum distalen Speichenende ziehen und es am Processus styloideus radii auch volar umgreifen, soll das distale Radiusfragment stabilisiert werden.
Der Nachteil dieser Methode liegt vor allem im Eingriff selbst. Die Gefahren und Komplikationen einer chirurgischen Intervention in diesem anatomisch relativ komplizierten Gebiet gilt es gegen das erwartete Ergebnis abzuwägen. Titze (64) schlägt vor, bei Brüchen an typischer Stelle die durch den dorsalen Spongiosadefekt entstandene Knochenhöhle mit autologer Spongiosa aufzufüllen, um damit einer späteren Verschiebung und Achsenknickung vorzubeugen. Die Frakturzone sollte abschließend mit einer Mehrfragmentplatte oder Spickdrähten fixiert werden. Auch Pannike (50) sieht bei Erwartung größerer Spongiosadefekte sowie bei Subluxationen der Elle mit drohender Behinderung der Unterarmdrehbeweglichkeit die Voraussetzung zur operativen Versorgung mittels Osteosynthese gegeben.

Obwohl die Indikation zur operativen im Vergleich zur konservativen Behandlung der Colles-Fraktur sehr eng gestellt werden soll, ist sie doch bei instabilen Bruchformen und sekundär dislozierten Frakturen wiederholten Repositionsversuchen vorzuziehen. Mit Hilfe einer rechtzeitigen, differenzierten Beurtei-

lung des Röntgenbildes und der richtigen Wahl des operativen Verfahrens lassen sich damit oftmals bessere funktionelle Ergebnisse erzielen.

2.3. Die Behandlung der Smith-, Barton- und Trümmerfraktur

2.3.1. Zur Versorgung der Smith-Frakturen

Bei Typ I, der extraartikulär quer verlaufenden Fraktur, die eigentlich als umgekehrte Colles-Fraktur angesehen werden kann, bietet sich wie bei dieser die konservative Behandlung an. Nach einem Axillarblock zur Analgesie und Muskelrelaxation wird die Fraktur unter einem in Richtung der Vorderarmachse angelegten Zug distrahiert. In Palmarflexion werden die Gelenke aneinandergefügt und anschließend unter Dorsalflexion und Supination reponiert und in dieser Stellung im Gipsverband fixiert. Dieser sollte den Ellbogen mit umfassen, um die Drehbewegung im Unterarm zu verhindern, sowie an der Hohlhandfalte enden, um die Beweglichkeit in den Metacarpophalangealgelenken zu erhalten.

Beim Typ II der Smith-Frakturen, einer intraartikulären Fraktur mit Verschiebung des Bruchstücks und gleichzeitiger Subluxation der Handwurzel nach volar, ist eine primär operative Versorgung anzustreben, da nur so eine dauerhafte Gelenkkongruenz der instabilen Fraktur gewährleistet wird. Dieser auch als "reversed Barton's fracture" bekannte Bruch wird am besten mit einer volaren AO-T-Platte abgestützt (49).

Typ III, die schräg verlaufende, nicht ins Gelenk reichende distale Radiusfraktur ist ein Grenzfall zwischen konservativer und operativer Therapie. Bei extrem schrägem Verlauf der Frakturlinie ist die Gefahr des sekundären Abgleitens besonders hoch, hier ist die Indikation zur zusätzlichen perkutanen Spickdrahtfixation oder gar der volaren Abstützplatte gegeben. (20).

2.3.2. Die Behandlung der Barton-Fraktur

Diese Fraktur, bei der ein intraartikulärer dorsaler Keil abgesprengt ist bei gleichzeitiger Luxation des Handgelenks zur Streckseite, erweist sich in der Regel als unstabil und wird daher besser primär operativ versorgt. Meist wird die gdeckte Reposition und Fixation mit Bohrdrähten durchgeführt, nötigenfalls auch die offene Reponierung und Stabilisierung mit Platten und Schrauben (8).

2.3.3. Die Behandlung der Trümmer-Fraktur

Nach dem bereits 1929 empfohlenen Doppeldrahtgipsverband ist heute vor allem die von Willenegger 1950 (70) beschriebene gedeckte Bohrdrahtosteosynthese das Mittel der Wahl. Die Instabilität dieser Fraktur erfordert eine zusätzliche Fixation der Fragmente, die zumeist mit Hilfe der Spickdrähte erreicht werden kann. Der Nachteil dieser Methode liegt in der zusätzlichen Traumatisierung der Weichteile sowie der Gefahr der Infektion. Nur wenn auch mit perkutaner Drahtung bei schweren Trümmerfrakturen kein Erfolg zu erwarten ist, empfiehlt sich die offene operative Einrichtung (34,50). Diese wird mit Hilfe einer speziellen T-Platte durchgeführt, kombiniert mit Spickdrähten, um die Stabilität der reponierten Zone zu verbessern.

3. Komplikationen und Spätfolgen der distalen Radiusfraktur

Bei Reponierung der distalen Radiusfraktur innerhalb der ersten 48 Stunden nach dem Unfallereignis ist noch nicht mit einer Verschlechterung des Endergebnisses zu rechnen (34). Bei späterer oder gar unterlassener Reponierung, bei unkorrekter Behandlung und bei Radiusredislokation sind jedoch erhebliche Komplikationen und Spätschäden zu erwarten.

Bei direkter Gewalteinwirkung auf das Handgelenk können die verschiedensten Kombinationsfrakturen entstehen, welche neben den Carpalknochen auch das distale Ende von Elle und/oder Speiche betreffen. Meist kommt es dabei zum Abriß der Proc. styl. radii und ulnae, eine Begleitverletzung, die auch bei Luxationen im Handgelenksbereich häufig zu beobachten ist.

Die meisten Folgeerscheinungen und Komplikationen nach einer distalen Radiusfraktur manifestieren sich jedoch im distalen Radioulnargelenk und an den Weichteilen. Demnach finden sich vor allem:

1. Achsenfehlstellung des Radius mit relativem Ellenvorschub
2. Verletzung des distalen Radioulnargelenks
3. Sekundärarthrose des Radioulnargelenks und des Radiocarpalgelenks
4. Sudeck'sche Dystrophie
5. Kompressionssyndrom der Nn. medianus und ulnaris
6. Ruptur der langen Daumenstrecksehne

Ad 1: Die Achsenfehlstellung des distalen Radius in dorsaler und radialer Richtung, meist kombiniert mit einem relativen Ellenvorschub, ergibt sich aus dem Pathomechanismus der typischen Radiusfraktur, auf den unter I, 1.2. schon eingegangen wurde. Verheilt die Fraktur in dieser Fehlstellung oder kommt es zum Zurücksinken des distalen Fragments, so resultiert daraus eine Inkongruenz im distalen Radioulnargelenk: die intakte Ulna überragt im Gelenkniveau die in den meisten Fällen nach dorsal abgekippte Gelenkfläche des Radius. Im Verlauf einiger Monate ergibt sich daraus dann eine Einschränkung der Umwendbewegung im Unterarm. Schließlich wird die Dorsalflexion der Hand durch diese "Pseudo-Madelung'sche Deformität" behindert,

es treten Schmerzen vor allem bei extremen Bewegungen auf. Sehr störend wird zudem, nicht nur von den weiblichen Betroffenen, das verstärkte Hervortreten des caput ulnae im dorsalen Handgelenksbereich empfunden.

Ad 2: Verletzungen des distalen Radioulnargelenks entstehen entweder direkt bei der Übertragung der Gewalt des Aufpralls auf dieses Gelenk oder treten sekundär durch die Folgeerscheinungen wie radiale Abkippung und Inkongruenz der distalen Gelenkflächen auf. Der Verschiebung des Längenverhältnisses von Elle und Speiche liegen vor allem ligamentäre Verletzungen zugrunde. Lidström (40) wies nach, daß der Beschädigung des Discus triangularis die größte Bedeutung für die abnorme Motilität des Ulnaköpfchens zukommt; Voraussetzung ist jedoch, daß gleichzeitig das dorsale oder volare radioulnare Ligament rupturiert ist. Die Symptome der resultierenden Instabilität im distalen Radioulnargelenk, die in jedem neunten Fall eines handgelenknahen Speichenbruchs auftreten sollen (24), reichen von Schmerzen in der ulnaren Region über eingeschränkte Supination bis hin zu Spannungsgefühlen bei extremer Pronation. Röntgenologisch zeigt sich zuweilen eine Diastase des Gelenkspaltes zwischen Radius und Ulna, die jedoch ebenso wie das positive Arthrogramm nur wenig Aussagekraft besitzt (40).

Durch die Abwinkelung oder Verkürzung des frakturierten Radiusendes mit radialer Abweichung und nachfolgender Verschiebung der benachbarten Handwurzel kommt es zu einem relativen Vorschub und dorsaler Prominenz des Ulnaköpchens (s.a. III.,1.). Die proximale Reihe der Handwurzelknochen gerät durch die Verschiebung und relative Verlängerung der Elle mit dem caput ulnae in Kontakt. Bei fortschreitendem Prozeß stößt das Ellenköpfchen immer weiter in die Reihe der Carpalknochen vor, wovon vor allem Os lunatum,

triquetrum und pisiforme betroffen sind; schließlich kommt es zur Arthrose im Handgelenk. Diese Verschiebungen im Gelenkgefüge rufen typische Beschwerden bei den Patienten hervor: das nach dorsal vorstehende caput ulnae, Schmerzen im Bereich der distalen Elle, Schwächegefühl im Handgelenk, Schmerzen bei Bewegungen und zuweilen auch Krepitation (24).

Ad 3: Aus der Einstauchung des Gelenkkörpers in die Metaphyse, der Abkippung und Heilung des distalen Radiusendes in dieser Fehlstellung ergibt sich eine Abknickung der longitudinalen Speichenachse. Vergesellschaftet ist damit, wie o.a., meist ein relativer Ellenvorschub. Folge davon sind Fehlbelastungen im Handgelenk, die zu erhöhtem und ungleichmäßigem Knorpelabrieb an der Oberfläche der Articulatio radiocarpea (s.Abb. 10,1), am Discus articularis (Abb. 10,3) und vor allem am radioulnaren Gelenk (Abb. 10,2) führen.

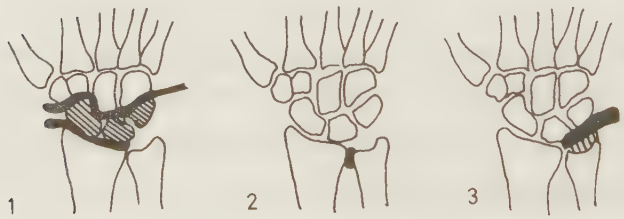


Abb. 10
1) Das Handgelenk im engeren Sinn: proximal die Articulatio radiocarpea, distal die Articulatio intercarpea, dazwischen, schraffiert, der proximale Handwurzelkörper
2) Das Radio-ulnar-Gelenk
3) Das Ulno-carpal-Gelenk mit - schraffiert - dem Discus articularis.
nach H. Nigst: Handgelenknahe Speichenbrüche des Erwachsenen. Unfallheilkunde 82 (1979) 1-6 (s. Lit.-Hinweis 47).

Dieser durch Stufenbildung, Defektheilung oder Fehlstellung bedingte erhöhte Knorpelabrieb schädigt direkt mechanisch die Gelenkoberfläche, zudem kommt es durch vermehrten Abbau und nachfolgender Resorption der Knorpelteilchen zu einer Erhöhung der Viskosität der Gelenkflüssigkeit (29). Diese dient zur Ernährung der knorpeligen Anteile im proximalen Handgelenk. Durch die zunehmende Viskosität kommt es zu einer Verschlechterung der Ernährung des Knorpels, dessen Resorptionsfähigkeit für die Synovia gleichzeitig sinkt. Durch entzündliche Kapselinfiltrate ist jedoch die Produktion der Gelenkflüssigkeit gesteigert; so kommt es schließlich zu chronisch rezidivierenden, schmerzhaften Reizzuständen im betroffenen Gelenk.

Von Bedeutung ist in diesem Zusammenhang auch die Arbeit von Maurer (42), in der die Zusammenhänge der Sekundärarthrose und der Sudeck'schen Erkrankung untersucht werden. Der M. Sudeck, der vor allem nach distalen Radiusfrakturen als Komplikation gefürchtet ist (s.a. I,3.4.), soll ebenfalls durch ernährungsbedingte Knorpelschäden zur Sekundärarthrose führen können. Das klinische Bild der Sekundärarthrose zeichnet sich durch weitgehende Funktionsunfähigkeit, Kraftminderung und Muskelatrophie der Hand aus. Dadurch, daß vor allem das distale Radioulnargelenk in Mitleidenschaft gezogen wird, ergibt sich eine schmerzhafte Einschränkung der Unterarmdrehbeweglichkeit. Die stark reduzierte Supinationsfähigkeit wird vom Patienten als besonders gravierend empfunden, da er sie durch entsprechende Schulterbewegungen nur schlecht kompensieren kann.

Diese unter I.3.1.-3.3. genannten Veränderungen nach einer distalen Radiusfraktur bedürfen einer frühzeitigen operativen Korrektur, da sich ansonsten im Lauf der Zeit eine völlige Gebrauchsunfähigkeit der Hand entwickelt. Im Spätstadium bleibt sonst nur noch die (Teil-) Arthrodese des Handgelenks, um dem Patienten durch eine Restfunktion der Hand die Rehabilitation im

Berufsleben zu ermöglichen (29, 54).

Ad 4: Die häufigste (57) und nicht selten auch schwierigste Komplikation beim distalen Speichenbruch ist die Sudeck'sche Dystrophie, im englischen Sprachgebrauch als Schulter-Hand-Finger-Syndrom bekannt. Die Angaben über die Häufigkeit des M. Sudeck bei der distalen Radiusfraktur schwanken zwischen 0,18 % und 15,0 %. Bevorzugt betroffen sind Frauen nach dem Klimakterium und auch vegetativ labile Patienten (38). Edshage (14) sieht darin eher ein iatrogenes Problem, Hörster und Ludolph (29) machen "begünstigende Faktoren" wie vegetative und hormonelle Veränderungen dieses ansonsten in Ätiologie und Pathogenese noch unbekannten Krankheitsbildes mit verantwortlich. Rehn (51) fand das Sudeck-Syndrom gehäuft mit steigendem Alter und entsprechend dem Schweregrad der Fraktur vor allem nach Trümmerbrüchen und wiederholter Redislokation.
Tatsächlich tritt die Sudeck'sche Dystrophie besonders häufig nach distalen Radiusfrakturen auf, die wiederholt reponiert, posttraumatisch inaktiviert oder in anatomischer Fehlstellung immobilisiert wurden. Wellnitz (68) deckte die Zusammenhänge zwischen "peripherem Reizzentrum" und Ausbildung des Sudeck'schen Syndroms auf. Danach finden sich vor allem nach Verletzung im distalen Radioulnargelenk, nach Knochenfissuren und Nervenläsionen die typischen Symptome der Sudeck'schen Erkrankung. Diese entsprechen dem Verlauf vom akuten Stadium der Überwärmung, Schwellung, des vermehrten Knochenab- und -anbaus und der Muskelatonie zum dys- und schließlich atrophischen Stadium der Muskulatur und des Knochens (1).

Bei der Immobilisierung in Fehlstellung vermeidet der Patient die schmerzhaften Arm- und damit auch Handbewegungen. Durch die Inaktivität verschlechtert sich der venöse Abfluß der Hand, ein Oedem entwickelt sich, welches

den Patienten hindert, die Metacarpophalangealgelenke vollständig zu bewegen, was in der Folge zur Schrumpfung der Metacarpophalangealligamente führt. Aus diesem Grund und wegen der begleitenden Schmerzen wird die Bewegung im Handgelenksbereich weiter eingeschränkt, die venöse Pumpwirkung reduziert sich, das Oedem wird verstärkt. Es entwickelt sich ein circulus vitiosus, unbehandelt kommt es schließlich zu einer Fibrose des interstitiellen Bindegewebes. Klinisch bietet sich das Bild der "gefrorenen Hand" mit steifen Fingern, zyanotischer Haut mit Hyperhidrose, versteifter Schulter und Schmerzen (14).

Die Therapie dieser langwierigen und schmerzhaften Erkrankung ist rein symptomatisch und beschränkt sich u.a. auf aktive Übungen und medikamentöse Schmerzbehandlung. Die beste Therapie ist zweifelsohne die Prophylaxe, zu der vor allem eine frühzeitige und exakte Reposition der distalen Radiusfraktur sowie eine konsequente Nachsorge und Kontrolle von Gipsverband und Repositionsergebnis gehören. Auf diese Weise erklärt sich wohl auch die Differenz in den Literaturangaben über die Häufigkeit des M. Sudeck: Böhler hatte in seinem Patientenkollektiv nur einen Fall unter 900 mit Sudeck'scher Erkrankung, Edshage (14) weiß von einer Stockholmer Klinik zu berichten, in der die Häufigkeit bei 10 - 12 % lag.

Ad 5: Neben der Sudeck'schen Dystrophie gilt das posttraumatische Kompressionssyndrom der Nn. mediani und ulnaris als häufige Begleitkomplikation nach einem handgelenknahen Speichenbruch.

1880 wurde dieses Krankheitsbild erstmals beschrieben, dreizehn Jahre später gab man ihm den bezeichnenden Namen Akroparästhesie.

Die Ätiologie der Kompression des N. medianus beruht bei der distalen Ra-

diusfraktur auf drei wesentlichen Faktoren:

1. ein direkter, mechanischer Effekt durch die Fraktur selbst (s. Abb. 11)
2. das intra- oder periartikuläre Hämatom führt zu einer Einengung im Carpaltunnel
3. Veränderungen im distalen Radioulnargelenk führen zu einer Verdrängung des N. medianus

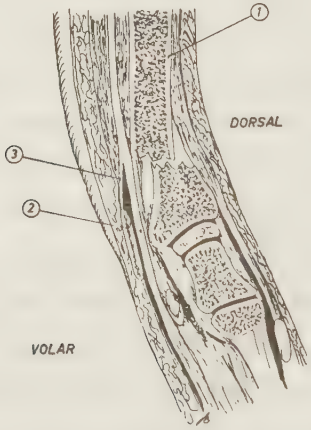


Abb. 11
Fraktur des distalen Radius mit Beteiligung des N. medianus. 1, Radius; 2, N. medianus; 3, Palmarer Ast des N. medianus.
nach: G. Frykman: Fractures of the distal radius. Acta orthop. scand. Suppl. 108 (1967) (s. Lit.-Hinweis 24).

Dabei kann es außer der Kompression des N. medianus auch zu der des N. ulnaris kommen (65). Bei starker Dislokation des Epiphysenfragmentes der Speiche nach radial kommt es häufig (30 - 80 %) auch zum Abriß des Processus styloideus (18). Dabei kann der N. ulnaris zwischen Radiusdiaphyse und Ulnaköpfchen eingeklemmt werden, was in der Folge zu Hyperästhesie und

starken Schmerzen im Verteilungsgebiet des N. ulnaris führt.

Weitaus häufiger ist jedoch die isolierte Medianuskompression. Blecher (10) teilte schon 1908 in primäre, also dem Frakturgeschehen unmittelbar folgende, und sekundäre, im Verlauf der Bruchheilung entstehende Medianusstörungen ein. Im ersteren Fall wird der Nerv in seiner engen Nachbarschaft zum distalen Radiusende durch direkten Druck, ein verlagertes Bruchstück oder Überdehnung geschädigt. Zudem bildet sich im Carpalkanal unter dem eng anliegenden retinaculum flexorum durch Blutungen, Hämatome und Oedeme ein erhöhter Druck aus, welcher bald zu Ernährungsstörungen des Nerven und damit zur typischen Symptomatik des Medianuskompressionssyndroms führt (2). Bei der weitaus häufigeren sekundären Schädigung wird dagegen der Nerv erst durch den raumbeengenden Knochenkallus gestört, der den Nerv komprimiert oder überdehnt, was Blecher sehr schön mit einer über den Steg gespannten Geigensaite vergleicht. Entsprechend dem Innervationsgebiet des N. medianus geben die Patienten Hypästhesien und Parästhesien in Daumen, Zeige- und Mittelfinger an, die vor allem nachts auftreten und bei Bewegungen wieder verschwinden. Die Schmerzen können in den Ellbogen, die Schulter und bis in den Nacken ausstrahlen.

Im fortgeschrittenen Stadium kommt es zu Sensibilitätsstörungen, vor allem zum Verlust der Zwei-Punkte-Diskrimination, zur Schwäche beim Faustschluß, zu Schmerzen bei volarer und dorsaler Flexion sowie zur Muskelatrophie von Thenar- und, bei N. ulnaris-Beteiligung - auch des Hypothenar. Motorische Ausfälle betreffen in erster Linie den Abductor pollicis brevis, zuweilen auch den Opponens pollicis (48). Wichtig ist eine frühzeitige Operation, die den Patienten meist unmittelbar und nachhaltig von seinen Schmerzen befreit: sie besteht in einer vollständigen Durchtrennung des volaren Ligamentum carpi transversum, eventuell kombiniert mit Neurolyse. Ist der erhöhte Druck durch Knochenkallus bedingt, so muß dieser abgetragen werden.

Ad 6: Als eine weitere häufige Weichteilverletzung gilt die Ruptur der langen Daumenstrecksehne des Musc. extensor pollicis longus. Dieser hat seinen Ursprung an der dorsalen Fläche der Ulna und an der Membrana interossea und zieht im schrägen Verlauf zum distalen Radiusende. Seine Sehne verläuft im dritten Sehnenfach in einer engen Passage über dem Tuberculucum radii und inseriert schließlich an der Basis der Endphalanx des Daumens.

Über den Pathomechanismus der Ruptur dieser Sehne herrscht noch keine Einigkeit; Nigst (48) und auch Edshage (14) machen vor allem zwei Faktoren dafür verantwortlich: Zum einen bildet sich bei Verlauf der Fissur im Bereich der engen Sehnenscheide ein Oedem aus, welches den venösen Rückfluß aus diesem Gebiet hemmt. Der lokal erhöhte Gewebsdruck beeinträchtigt die arterielle Versorgung, wodurch schließlich die - oft schon durch das Trauma degenerativ veränderte - Sehne nekrotisiert. Zum anderen ist auch ein mechanischer Faktor für das Geschehen bedeutsam: Durch das Scheuern der Sehne über dem Knochenfragment kommt es nach einigen Wochen zur endgültigen Ruptur. Typisch für diese Komplikation ist, daß sie nicht unmittelbar nach dem Trauma auftritt, sondern in der Regel erst etwa eine Woche nach Entfernung des Verbandes, wenn der Patient die - degenerierte - Daumenstrecksehne vermehrt anspannt.

Da die Sehnenenden nekrotisch geworden sind, der Musculus extensor pollicis longus sich retrahiert und fibrotisch verändert hat, ist eine direkte Sehnennaht aussichtslos; meist verwendet man heute die Sehne des Musc. extensor indicis proprius oder die des Musc. extensor carpi radialis longus zur Sehnentransplantation (47).

4. Analyse der Endergebnisse distaler Radiusfrakturen

4.1. Beeinflussende Faktoren

Der handgelenknahe Speichenbruch, der 10 - 25 % aller Frakturen ausmacht und als die häufigste Fraktur überhaupt angesehen wird, ist trotz des enormen medizinischen Fortschritts und der Verbesserung in der Technik der Knochenbruchbehandlung immer noch als konfliktreiche Fraktur einzustufen. In der Literatur variieren die Angaben über erfolgreiche, komplikationslose Behandlungen der Fraktur zwischen 100 % (Böhler) und lediglich 38,5 % (28). Auch das von Ehalt (17) untersuchte Patientengut war erst nach sieben Jahren zu 100 % rentenfrei. Von den meisten Autoren wird die Ansicht vertreten, daß aufgrund von unterschiedlichen Beurteilungskriterien solch eklatante Differenzen zustande kommen. Im Durchschnitt liegen die befriedigenden Resultate dann tatsächlich auch zwischen den o.a. extremen Werten, also zwischen 70 und 80 % (7,24,40,57,62), d.h., jeder dritte bzw. vierte Patient klagt nach einer distalen Radiusfraktur über erhebliche, andauernde Beschwerden. Dieses unbefriedigende Endergebnis ergibt sich in den meisten Fällen aus:

1. der Altersgruppe
2. der Bruchform
3. der Instabilität der reponierten Fraktur
4. den Begleitverletzungen und Komplikationen

Ad 1.1.: Der Gipfel in der Alterskurve bei distalen Radiusfrakturen liegt zwischen dem fünften und siebenten Lebensjahrzehnt, wobei Frauen mehr als doppelt so häufig betroffen sind wie Männer (34, 57), bei Stockmann (62) stellen die weiblichen Patienten sogar 90 % der Verletzungsfälle. Aufgrund dieser Altersstruktur mit all ihren Komplikationen bei der Knochenheilung und Weichteilverletzung ist schon primär mit vermehrt negativen Ergebnissen zu rechnen.

Ad 1.2.: Je komplexer die Verletzung ist, umso problematischer wird die Behandlung einer typischen Radiusfraktur. Die schlechteste Prognose haben Trümmerfrakturen, doch ist auch die einfache Colles-Fraktur nicht ohne Probleme. Eine der Hauptursachen für später auftretende Komplikationen ist vor allem die Mitverletzung des distalen Radioulnargelenks mit der resultierenden Instabilität im proximalen Handgelenk (16, 57).

Ad 1.3.: Die Instabilität der reponierten Fraktur, die bei Rehn (51) in 23 % und bei Lidström (40) in 28 % der Fälle zu einem sekundären Abgleiten des Fragments führt, hat zu der Forderung geführt, neben der konservativen Behandlung vermehrt die operative Absicherung der reponierten Fraktur durchzuführen. Zweifelsohne ist die Versorgung der distalen Radiusfraktur eine Domäne der konservativen Behandlung mit all ihren Vorteilen, doch würde eine weniger eng begrenzte Indikation zur operativen Stabilisierung, verbunden mit einer häufigen, konsequenten Röntgenkontrolle über wenigsten 6 Wochen, zu Gunsten der Patienten und der Statistik sicherlich eine Verbesserung bringen.

Ad 1.4.: Begleitverletzungen und Komplikationen wie die Ruptur der Daumenstrecksehne und das Medianuskompressionssyndrom sind in Entstehung und Verlauf schwer zu beeinflussen. Doch trotz der signifikanten Korrelation zwischen der Schwere der Fraktur und den Begleitverletzungen und somit auch den posttraumatischen Funktionseinschränkungen, sind doch einige Folgezustände (M. Sudeck, Sekundärarthrose) durch kunstgerechte Erstversorgung und kooperative Arzt-Patienten-Beziehung in Grenzen zu halten.

4.2. Arbeitsmedizinische Aspekte

Die relativ hohe Zahl von behandlungsbedürftigen posttraumatischen Komplikationen spiegelt sich auch in einer Statistik von Hepp und Tiedemann (27) wider, die sich mit den Auswirkungen auf die Arbeitswelt der Betroffenen nach einer distalen Radiusfraktur befaßt. Von über 1000 Radiusfrakturen führten 360 zu einer längerfristigen Berentung, 70 % der Rentenempfänger waren Frauen. Ein Viertel der Renten wurde wegen einer Sudeck' schen Erkrankung gewährt, die auch hier in überwiegender Zahl die Frauen betraf. Nach vier Monaten arbeiteten 85 % der Betroffenen wieder, bei weiteren 13 % dauerte es jedoch bis zu einem Jahr bis sie ihre Arbeit wieder aufnehmen konnten.

Bei 78 % der Rentenfälle handelte es sich um Zeitrenten, 4 % bezogen eine Dauerrente (bei Böhler ergab sich, 1935, kein einziger Fall von Dauerrente).

Wesentlich für die Prognose einer distalen Radiusfraktur ist auch der frühe Zeitpunkt der Erstbehandlung. Im Rahmen einer umfassenden Studie stellte Inzig (41) fest, daß der Mittelwert der Behandlungszeit frischer Speichenbrüche bei insgesamt nur eineinhalb Monaten liegt.

Kommt es jeoch aufgrund von verspäteter oder unsachgemäßer Behandlung, sowie aufgrund anderer,unter I,4.1. genannter Faktoren zu einer Rentengewährung, so richtet sich diese vor allem nach dem Funktionsausfall im Vergleich zur unverletzten Seite und nicht nach dem Röntgenbild.

In der Literatur finden sich die unterschiedlichsten Auffassungen über die Korrelation zwischen röntgenologischem und funktionellem Ergebnis (16,18,51), doch überwiegt letztendlich die Erfahrung, daß ein röntgenologisch ausgezeichnetes Ergebnis mit einer glaubhaft schlechten Funktion - und umgekehrt - einhergehen kann (24,40,52,62,64). Die Höhe der Erwerbsminderung nach einem handgelenknahen Speichenbruch kann zwischen 20 % und 60 % (bei einer Sudeck'schen Dystrophie) liegen.

Da jede vierte distale Radiusfraktur durch Arbeitsunfall entsteht (31), ergibt sich auch in Hinblick auf arbeitsmedizinische Auswirkungen, daß diese Fraktur keineswegs zu den harmlosen Verletzungen zählt.

5. Operationsverfahren zur Behandlung der posttraumatischen Fehlstellung am distalen Radius.

Einige Autoren verweisen auf die vergleichsweise besseren Ergebnisse bei primär operativer Versorgung der distalen Radiusfrakturen. Sie führen dies auf die gesicherte Stabilität der reponierten Fraktur sowie auf die signifikant geringere Zahl an Spätkomplikationen zurück. Thelen (63) fand nach primär operativer Behandlung 50 % weniger Berentungsfälle, Weiss (67) erzielte um 18 % bessere Resultate gegenüber dem Vergleichskollektiv konservativ behandelter Frakturen.

Neben diesen Bestrebungen, die Zahl der posttraumatischen Fehlstellungen durch primäre Eingriffe zu reduzieren, bietet später das klinische Bild oft genug Anlaß und Möglichkeit die Folgen einer in Fehlstellung verheilten Fraktur durch operative Sekundäreingriffe zu behandeln. Durch die Verletzung des distalen Radioulnargelenks, die Gefügeverschiebung im proximalen Handgelenk, das Absinken der Knochenfragmente und den Verlust der Platzhalterfunktion des Radius kommt es schließlich, wie o.a., zur relativen Verlängerung und Instabilität der Ulna mit "Bajonettstellung" der Hand und schmerzhafter Einschränkung der Rotations-, Extensions- und Flexionsbewegung. Neben diesem klinischen Bild ist es vor allem die drohende Arthrose im Handgelenk sowie der ständige Reizzustand des nach dorsal vorspringenden Ellenköpfchens und zuletzt auch der ästhetische Gesichtspunkt, woraus sich die Indikation zum korregierenden operativen Eingriff ergibt.

Dazu stehen dem Chirurgen heute mehrere Möglichkeiten, je nach Progredienz des Zustandes, zur Verfügung:

1. Die bogenförmige Osteotomie
2. Die Verkürzungsosteotomie der Elle
3. Die Resektion des distalen Ulnaendes
4. Die Kombination von distaler Ulnaresektion und Radiusverlängerungsosteotomie
5. Die Arthrodese
6. Die Denervation

5.1. Die bogenförmige Osteotomie

Dieser Korrektureingriff eignet sich nur bei geringeren Graden der Fehlstellung und Verkürzung des distalen Radius; auch ist er altersmäßig begrenzt, jenseits des 40. Lebensjahres sollte er nur in Ausnahmefällen vorgenommen werden. Die Operation besteht in einer bogenförmigen Osteotomie oberhalb der Fraktur, durch die das distale Bruchstück aus seiner falschen Stellung herausgebracht wird. Man geht zwischen der Sehne des M. flexor carpi radialis und der des M. extensor carpi radialis auf den Radius ein und durchmeißelt den Knochen bogenförmig von dorsal oben nach volarwärts unten. Das distale Radiusfragment wird nach volar oder distal verlagert.

Eventuell muß dieser Eingriff mit einer Spongiosaeinlagerung in den Radius oder mit einer Ulnaverkürzungsosteotomie bzw. einer Ellenköpfchenresektion kombiniert werden, um einen optimalen Längenausgleich zu erreichen.

5.2. Die Verkürzungsosteotomie der Elle

Der Ulnavorschub äußert sich klinisch vor allem in der Manus radioflexa, der Radialaduktion der Hand, wobei das Ulnaköpfchen nach dorsal und ulnar vorspringt:

Abb. 12
Ulnavorschub bei deformgeheilter Radiusfraktur.
nach H.W. Spier: Die operative Behandlung des Ulnavorschubes. Mschr. Unfallheilkunde 69 (1966) 257-261 (s. Lit.-Hinweis 59).

Im Röntgenbild läßt sich ein Längenunterschied zwischen den distalen Gelenkflächen von Elle und Speiche erkennen, den Spier (59) bei mehr als 3 mm Differenz als pathologisch einstuft, Schellmann (55) jedoch einen Toleranzbereich bis zu 10 mm im Vergleich zur Gegenseite einräumt. Übereinstimmend wird darauf hingewiesen, daß die Verkürzungsosteotomie der Elle frühzeitig vorgenommen werden muß, da sich ansonsten bald plumpe Verbreiterung des Ellenköpfchens und schwerste arthrotische Veränderungen im distalen Radioulnargelenk ergeben. Durch eine präoperative Röntgenaufnahme wird anhand der Längendifferenz zwischen den distalen Gelenkflächen das Außmaß der Osteotomie bestimmt, die wegen der besseren Heilungschancen im spongiösen Bereich ausgeführt werden sollte.

Zilch (71) empfiehlt die sog. z-förmige Korrekturosteotomie, da hierbei ein breiterer knöcherner Kontakt besteht als bei queren Osteotomien, bei denen

zudem eine höhere Gefahr der postoperativen Pseudoarthrose besteht.

Walcher (66) und auch Spier (59) geben jedoch der queren Kontinuitätsresektion den Vorzug, kombiniert mit einer stabilen Druckplattenosteosynthese. Sie verweisen darauf, daß mit dieser Methode eine größere Druckfestigkeit erreicht wird als bei der nur durch Drahtschlingen, Rush-Pins oder Küntschernagel fixierten z-förmigen Osteotomie. Der Eingriff wird etwa 5 cm proximal des Processus styloideus ulnae im Bereich des Musculus pronator quadratus vorgenommen; die Bruchstücke werden aneinandergelegt und mit einer AO-Platte übungsstabil fixiert.

Ist das distale Radioulnargelenk auch nach lateral luxiert unter dem Bild der "federnden Elle", so empfiehlt Spier (59) die zusätzliche Bandplastik nach Bunell-Böhler: die radioulnare Bandverbindung wird durch die freie Transplantation der Sehnen des - volar über dem distalen Radioulnargelenk verlaufenden - Musc. palmaris longus und das ulnare Kollateralband durch einen abgespaltenen Sehnenstreifen des - am Os pisiforme inserierenden - Musc. flexor carpi ulnaris ersetzt.

Obwohl dieser Eingriff in den meisten Fällen dem Patienten keine wesentliche Verbesserung der Kraft im Handgelenk bringt und häufig auch keine Schmerzfreiheit erreicht wird, liegt der Vorteil dieser Methode doch in der Wiederherstellung anatomischer Verhältnisse im distalen Radioulnargelenk; dadurch ist die Verkürzungsosteotomie der Ellenköpfchenresektion bei weitem überlegen (14).

5.3. Die Resektion des distalen Ulnaendes

Vor mehr als 100 Jahren beschrieb Moore erstmals diesen Operationsvorgang zum Längenausgleich im distalen Radioulnargelenk, nur 30 Jahre später publizierte Darrach ein Verfahren, auf dem das heute noch praktizierte operative Vorgehen beruht.

Dieser verhältnismäßig einfache Eingriff zur Behebung des Ellenvorschubs ist vor allem bei älteren Patienten oder bei gleichzeitig bestehender Arthrose indiziert, wie dies sehr häufig nach Trümmerbrüchen mit Stufenbildung im distalen Radioulnargelenk geschieht.

Unter Schonung des dorsalen Astes des N. ulnaris wird proximal vom Processus styleoideus ulnae eingegangen und etwa drei Zentimeter des distalen Ulnaendes subperiostal oder extraperiostal reseziert. Walcher (66) gibt das distale Radiusende als Bezugsebene an und reseziert 1,5 cm unterhalb der Radiusgelenkfläche. Edshage (14) erhielt die besten Ergebnisse bei Exzision des distalen Ellenendes bis zur Insertion des Musc. pronator quadratus; bei weiter reichender Knochenentfernung ergab sich eine "schnellende Ulna", die durch zu große Bewegungsfreiheit vor allem bei Pro- und Supination Schmerzen verursachte. Lange (39) fixiert das distale Ulnaende mit einer Fascien- oder Sehnenschlinge an die Sehne des Musc. extensor carpi ulnaris, um die Stabilität im Handgelenk nicht zu gefährden. Küntscher (37) hat auf diese Fascienplastik stets verzichtet und dennoch gute Ergebnisse erzielt. Der Processus styloideus ulnae mit dem ihm angehefteten ulnaren Kollateralband sollte unter dem Aspekt der möglichst anatomischen Verhältnisse, und auch um einer Abduktionsschwäche vorzubeugen, belassen werden (12,59).

Ob die Osteotomie schräg oder horizontal durchgeführt wird ist ohne Bedeutung für das funktionelle Endergebnis, doch ist das Ausmaß der Resektion entscheidend. Bei nur geringer Resezierung oder sehr aktiver Knochenregeneration, die im physiologischen Ausmaß durch die subperiostale Excision erreicht wird, erhielt Dingmann (12) die besten postoperativen funktionellen Resultate. Durch dieses Vorgehen besteht letztendlich nur noch eine geringe Diskrepanz zwischen distalem Speichen- und Ellenende. Es gilt also das "goldene Mittelmaß" zu finden, um weder - bei zu großzügiger Resektion -

eine "federnde Elle" noch - bei zu sparsamer Resektion - eine überschiessende Knochenneubildung zu erhalten.
Im allgemeinen sind die Spätergebnisse nach Ellenköpfchenresektion gut. In nahezu allen Fällen läßt sich eine Korrektur der manus radioflexa, der kosmetisch störenden Fehlform des Handgelenks und eine Verbesserung der Vorderarmdrehung erreichen. Vor allem älteren Patienten kann hier mit Hilfe eines einfachen Eingriffs eine brauchbare Handgelenksfunktion wiedergegeben werden (9).

5.4. Die Kombination von distaler Ulnaresektion und Radiusverlängerungsosteotomie

Bei dieser sogenannten Campbell'schen Operation wird das nach dorsal vorspringende Ulnaende freigelegt und dessen streckseitige Hälfte abgemeißelt. Nach querer Durchtrennung der alten Radiusbruchstelle wird das gewonnene ulnare Knochenstück von dorsal in den Radius eingesetzt. Durch dieses Verfahren wird die Achsenknickung und zugleich die Längendifferenz behoben.

Die Nachteile dieser Methode zur Behandlung der posttraumatischen Fehlstellung liegen in der langen postoperativen Ruhigstellung, da zur knöchernen Konsolidierung des oft schon vorgeschädigten Knochenstücks erhebliche Zeit vergeht. Zudem kommt es nicht selten zu Pseudarthrosen, und auch die Dicke des abgemeißelten Spans setzt der Radiusverlängerung Grenzen (59).

5.5. Die Handgelenksarthrodese

Sie ist als ultima ratio anzusehen bei schweren, fortgeschrittenen und schmerzhaften Arthrosen im Handgelenk. Die Leistungsfähigkeit der Hand und dadurch auch die Arbeitsfähigkeit wird durch die Arthrodese entscheidend verbessert. Der Patient wird schmerzfrei und meist wieder fähig, seinen Beruf

auszuüben. Die Arthrodese ist vor allem angezeigt, wenn sich schon eine fehlerhafte Handstellung, eine Flexionskontraktur, ausgebildet hat, die die Hand unbrauchbar gemacht hat.

Meist wird eine Totalversteifung mit Hilfe eines autologen Knochenspans durchgeführt (66). Der operative Zugang liegt dabei zwischen den Sehnen des Musc. extensor pollicis longus und Mucs. extensor digitorum, die Handgelenkkapsel und der gesamte Bandapparat wird längsgespalten und nach beiden Seiten hin geöffnet. Unter leichter Beugung im Handgelenk wird ein keilförmiges Knochenstück aus dem Handwurzelknochen und dem Radius entnommen. Nach Ausmeißelung eines Knochenspanlagers wird ein an beiden Enden zugespitzter Knochenspan entweder aus der Tibia oder dem Darmbeinkamm entnommen und in dieses Lager eingekeilt (39). Der Span kann mit einer AO-Platte fixiert werden, doch ist im allgemeinen die feste Wiedervernähung der Kapselperiostlappen ausreichend.

Ricklin (54) plädiert für eine radiocarpale Teilarthrodese, die vor allem nach ungünstig verheilter intraartikulärer Fraktur der Radiusepiphyse indiziert ist, da sie nach seinen Erfahrungen eine Restbeweglichkeit von durchschnittlich 40° in dorsovolarer und von 30° in radioulnarer Richtung zuläßt. Bei diesem Eingriff werden die Gelenkflächen von Radius, Os naviculare und Os lunatum entknorpelt, die entstandenen Lücken mit Spongiosa aus dem Beckenkamm ausgefüllt und mit der Naht der Gelenkkapsel anschließend ausreichend stabilisiert.

Im Jahr 1974 stellte Meuli (44) die ersten Ergebnisse einer Studie über die Totalendoprothese im Handgelenk als Alternative zur Arthrodese vor. Die subjektiven und objektiven Ergebnisse waren vielversprechend. Auf Einzelheiten soll hier nicht näher eingegangen werden, doch ist die Totalendoprothese

sicherlich eine hoffnungsvolle Alternative, die selbst bei Mißerfolg immer noch die Möglichkeit zur Arthrodese offenhält.

5.6. Die Denervation

Da Schmerzzustände nicht nur eine subjektive Beeinträchtigung im Wohlbefinden des Patienten darstellen, sondern auch reflektorisch zu motorischen Aktivierungen (erhöhter Muskeltonus) führen, die Fehlstellungen bedingen können, war es naheliegend, durch sensible Denervierung eine subjektive und objektive Besserung des Zustandes zu erreichen.

Ein solches Verfahren wurde 1959 von A. Wilhelm (69) angegeben und ist mittlerweile zu einem anerkannten therapeutischen Vorgehen entwickelt worden. Die Schmerzleitung aus dem Bereich des Handgelenks läuft zu einem großen Teil über nervale Anastomosen sowohl auf volarer als auch auf dorsaler Seite zu den Gelenknerven, die mit der A. radialis zentral verlaufen. A. Wilhelm gibt an, die Denervation nach einer vorausgegangenen Testausschaltung schrittweise in bestimmter Reihenfolge durchzuführen, die sich aus der Lokalisation des Schmerzes ergibt. Es ist verständlich, daß bei einem solchen Verfahren die Erfolgsaussichten dann am besten sind, wenn es sich um einen gut lokalisierten Schmerzbereich im arthrotischen Handgelenk handelt. Die Methode ist weniger erfolgreich, wenn Angaben über diffuse Schmerzen bei chronisch arthrotischen Gelenken gemacht werden. Hier werden intraossale Schmerzrezeptoren miterregt, deren Aktionspotentiale über endostale Nervenfasern geleitet werden, die bei dieser Art der Denervierung nicht unterbrochen werden.

Der Eingriff erfordert nur bei zwei Nervenbahnen eine exakte präparatorische Darstellung, nämlich die des N. interosseus dorsalis und des Gelenkastes des I. Zwischenknochenraumes, ansonsten erfolgt die Denervation blind. Dabei gelingt es in der Regel bei erfolgreicher Gelenkdenervation die Hautsensibili-

täten und motorischen Innervationen unbeeinflußt zu lassen.
Langzeitergebnisse zeigen, daß bei etwa 80 % der Patienten der gewünschte Erfolg nachweisbar ist. Außer der Schmerzfreiheit konnte meist auch noch eine auffallende Besserung der großen Kraft und der Beweglichkeit festgestellt werden.

Die bisher genannten Verfahren zur Behandlung der posttraumatischen Fehlstellung am distalen Radius sind größtenteils palliativer Natur. Nur die Campbell'sche Operation beinhaltet die Idee, die eigentliche Ursache der posttraumatischen Beschwerden zu beheben, also eine Rekonstruktion des distalen Radius zu erreichen. Der Nachteil dieses Verfahrens lag vor allem in der Verwendung eines osteogen minderwertigen Materials, woraus sich die schlechte Einheilung mit extrem langer Konsolidierungszeit ergab. Die Grundidee von Knochenentnahmen und Knocheneinbau wurde in den letzten Jahren wieder aufgegriffen und erfolgreich mit den neuesten Erkenntnissen der Knochentransplantation und der Immunologie verknüpft. Die heute realisierbare Rekonstruktion des distalen Radius (damit auch der Gelenke und der anatomischen Handgelenksfunktion) mit Hilfe von osteogen aktivem Knochenmaterial gehört zu den nicht häufigen Erfolgen in der Medizin, wobei die Ursache der Beschwerden - und nicht nur die Symptome - nachhaltig beseitigt werden können.

6. Zur Knochentransplantation

Prinzipien, Anwendungsgebiete und das Ergebnis beeinflussende Faktoren

Die ersten wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Vorgänge bei Knochenneubildung stammen von Duhamel aus dem Jahre 1742; ein weiterer entscheidender Schritt gelang Axhausen zu Beginn unseres Jahrhunderts mit einem Bericht über das unterschiedliche Verhalten autoplastischer, homoioplastischer und heteroplastischer Transplantate. Die Erkenntnisse der Immunologie in den letzten Jahrzehnten trugen schließlich entscheidend dazu bei, daß die Knochentransplantation ein breites Anwendungsgebiet in der Traumatologie, Orthopädie und Wiederherstellungschirurgie fand.

Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten für Knochentransplantationen lassen sich - gleichbedeutend mit den Grundeigenschaften des Transplantates - auf vier Bereiche begrenzen (58):

1) Ausfüllen eines Knochenhohlraums (cystischer, traumatischer oder osteomyelitischer Natur) mit funktionellem Knochengewebe
2) Induktion einer bereits erloschenen Osteogenese
3) Überbrückung von Defekten
4) Bleibende Versteifung von Gelenken oder Segmenten

Entsprechend der Pathogenese der distalen Radiusfraktur ist vor allem die unter 1) genannte Eigenschaft transplantierten Knochenmaterials von Bedeutung für die Wiederherstellung eines funktionellen distalen Radioulnargelenks. Entscheidend für den Erfolg eines derartigen Eingriffs sind die osteogenen Eigenschaften des verwendeten Knochenmaterials, die Schramm (56) in einer umfassenden Studie mit Hilfe von Tetrazyklinmarkierung des Transplantates

nachwies. Demnach geht von autologem Knochenmaterial bereits wenige Tage nach Übertragung eine osteoblastische Aktivität aus bei gleichzeitigem Abbau der transplantierten Grundsubstanz. Nach Schweiberer (58) induzieren die Mucopolysaccharide des Transplantats sogar noch die Zellen des einsprossenden Lagergewebes zu Osteoblasten, ein Vorgang, der als zweiphasige Osteogenese bezeichnet wird.

Durch diese aktive, zweiphasige Beteiligung am Integrationsgeschehen ist das autologe Transplantat dem homologen weit überlegen. Zwar laufen hierbei ähnliche Vorgänge ab, doch bleibt die zwischen dem 7. - 30. Tag einsetzende Abwehrreaktion entscheidend für den Erfolg der Transplantation. Einzig vom Abwehrmechanismus verschont wird die artspezifische Grundsubstanz, die die Transplantatlagerzellen zu Osteoblasten umformen kann. Die Osteogenese setzt hierduch verzögert und abgeschwächt ein, zudem besteht vor allem bei konserviertem, homologen Knochen eine erhöhte Infektionsquote.

Nach den Erfahrungen mit den antigenen Eigenschaften des homologen Knochentransplantates lag der Gedanke nahe, daß auch ein konservierter, enteiweißter und entfetteter heterologer Knochen einheilen müßte. Eingehende Untersuchungen mit diesem als "Kieler Span" bekannt gewordenen heterologen Knochenspan bewiesen, daß bezüglich der Güte der Einheilung keine wesentlichen Unterschiede selbst zum autologen Transplantat bestehen (39), doch konnte Schweiberer (58) demgegenüber nachweisen, daß dem heterologen Span jegliche osteoinduktive Potenz fehlt, für die Klinik also bedeutungslos sei. Neben der Frage der Spenderspezies ist für den Erfolg einer Knochentransplantation vor allem die Struktur des übertragenen Knochengewebes von Bedeutung. Da die Zahl der Osteoblasten in der Spongiosa höher als in der Compacta ist, zudem die Umbaurate die der Compacta um das Dreifache übertrifft, bietet sich die reich vascularisierte Spongiosa als das beste

Implantationsmaterial an. Wesentlich ist ebenfalls, daß das Transplantat von Periost bedeckt bleibt, da dieses trotz geringer Vaskularisation dazu befähigt ist, innerhalb weniger Tage neuen geflechtartigen Knochen zwischen Periost und Corticalis zu bilden.

Bei der Transplantation eines periost-bedeckten Knochenspans ist sogar die Oberfläche des Spendergewebes von ostegenetischer Bedeutung: die Zubereitung des Spans mittels Säge ist zwar vorteilhaft für die Entnahmetechnik, hat jedoch eine Traumatisierung der Knochensubstanz an den Rändern zur Folge. Die Knochenentnahme mittels Meißel aber führt zu feinen Rissen im Transplantat, die im Wirtsgewebe rasch vaskularisiert werden, vor allem, wenn der Span mit seiner Innenseite an die Markseite des Transplantatlagers eingebracht wird. Somit kann man bereits intraoperativ eine raschere Einheilung des Spendergewebes induzieren.
Zudem ist wesentlich aus welchem Skelettabschnitt das Transplantat entnommen wurde. Wie zuvor ausgeführt, eignen sich dazu vor allem die reichlich vaskularisierten Knochen, wie Tibia, Beckenkamm, Fibula und seltener auch Rippen. Die Entnahme eines Knochenspans unmittelbar in der Nachbarschaft des Operationsgebietes (s.a. Cambpell'sche Operation) erübrigt zwar das Anlegen einer zweiten Operationswunde zur Spanentnahme, doch sollte das Transplantat grundsätzlich nicht aus einer schon längere Zeit ruhiggestellten, osteoporotischen, also osteogenetisch minder aktiven Zone stammen, da nachgewiesen ist, daß ein Transplantat seine zuletzt innegehabte funktionelle Prägung (aktiv oder inaktiv) noch für einige Zeit in seinem Transplantatlager beibehält. Dieses sollte selbst gut vaskularisiert sein und dem übertragenen Gewebe ausreichend Stabilität bieten. Lexer hat den Begriff des ersatzstarken, ersatzschwachen und ersatzunfähigen Lagers geprägt. Zum erstgenannten

zählt der posttraumatische Knochenhohlraum, hier soll nach Lange (39) sogar die Implantation nicht autologer Knochenmaterialien problemlos sein, während er bei ersatzschwachen Lagern, das sind Muskulatur und vor allem postinfektiös narbig veränderte Weichteile, autologen Transplantaten den Vorzug gibt. Die Erfolge in der Knochentransplantation stehen nicht in Konkurrenz zu den Anwendungsgebieten der stabilen Osteosynthese, vielmehr ist in der Kombination beider Verfahren eine sinnvolle Ergänzung zu sehen.

II. DIE AUFRICHTUNGSOSTEOTOMIE AM DISTALEN RADIUS

1. Bisherige Erfahrungen und Ergebnisse

Obwohl die überwiegende Zahl der distalen Radiusfrakturen mit Hilfe der konservativen Therapie befriedigend ausheilt, ist doch bei etlichen Patienten aufgrund erheblicher posttraumatischer Beschwerden der operative Korrektureingriff indiziert, vor allem wenn es sich um junge, manuell berufstätige Personen handelt. Hier können bereits geringfügige Fehlstellungen durch starke Beanspruchung des Handgelenks chronische Beschwerden verursachen, die alsbald zur invalidisierenden Arthrose führen können. Dieser Prozeß kann durch eine möglichst exakte operative Wiederherstellung der anatomischen Gelenkverhältnisse verhindert werden. Neben den unter I.5. genannten Verfahren setzt sich heute zunehmend die Aufrichtungsosteotomie des distalen Radius mittels Beckenkammspan durch. Dieser Eingriff hat als einziger die Wiederherstellung des anatomischen Handgelenks zum Ziel durch Rekonstruktion der distalen Gelenkkongruenz und damit der normalen Beweglichkeit.

Vor 15 Jahren berichtete Ballester (4) von einer Patientin, bei der er den posttraumatischen Ellenvorschub durch intraoperative Extension des Radius, Einsetzen eines aus der Knochenbank stammenden Knochenkeils und dessen Fixierung mittels Bohrdraht erfolgreich behandelte. Sieben Jahre später stellten Renné und Schmelzeisen (53) die Ergebnisse nach Korrektursteotomie an 12 Patienten vor. Bei diesem Eingriff benützten die Autoren bereits eine Halbrohr-Druckplatte zur Osteosynthese, die eine wesentlich bessere Übungsstabilität bietet.

Die Stabilität der Aufrichtungsosteotomie wird jedoch nur zum Teil durch das Fixationsmaterial bestimmt: der axial eingepreßte Knochenspan kann zudem - im Gegensatz zu lockerem Spongiosamaterial - die auftretenden Druckspan-

nungen aufnehmen, die für den trajektoriellen Umbau des transplantierten Knochens entscheidend sind (33, 60). Ohne zusätzliche interne Fixation käme es jedoch nach Resorptions- und Umbauvorgängen zur Lockerung und Verschiebung des Knochenkeils. Durch die Kombination von eingepreßtem Knochenkeil und Kleinfragment AO-T-Platte wird in fast allen Fällen Übungsstabilität und damit eine frühe Mobilisierung erreicht. Nach diesem Verfahren vorgehend erhielt Müller-Färber (46) nicht nur nach Colles-Frakturen, sondern auch nach einer Smith- und Trümmerfraktur ein insgesamt zufriedenstellendes Ergebnis.

Im allgemeinen stellt jedoch die in Fehlstellung verheilte Trümmerfraktur eine Kontraindikation zur Aufrichtungsosteotomie dar, weil die in den meisten Fällen bestehende intraartikuläre Stufenbildung mit ihren Auswirkungen auf die Handgelenksfunktion durch diesen Eingriff unbeeinflußt bleibt. Zudem bestehen oft schon präoperativ Arthrosezeichen, die gleichfalls den Erfolg des Eingriffs von vorneherein in Frage stellen.

Auch bei Reill (52) und ebenso bei Fernandez (21) zeigten sich in 60 - 80 % der Fälle postoperativ gute bis befriedigende anatomische und funktionelle Endergebnisse. Fernandez verwendete in drei Fällen sogar das resezierte distale Ulnaende als Knochenspan und erhielt damit gute Ergebnisse, im Gegensatz zu den meist negativen Erfahrungen anderer Autoren. Durch die von Fernandez angewandte aufklappende Osteotomie kann der Radius nur maximal um 10 - 12 mm verlängert werden.

Sollte sich im präoperativen Röntgenbild eine größere Distanz zum Ulnaköpfchen ergeben, so muß dieses reseziert werden. Eine entsprechende Ulnaverkürzungsosteotomie ist wegen der langsamen und auch schlechten Heilung des Knochens nur von sekundärer Bedeutung. Die Ellenköpfchenresektion kann umgangen werden, wenn statt der aufklappenden die quere Osteotomie mit

Einsetzen eines entsprechend dicken Knochenblocks vorgenommen wird. Dabei entfällt jedoch die stabilisierende Wirkung des Knochenkeils bei gleichzeitig verlängerter Konsolidierungszeit.

Die teilweise unbefriedigenden Ergebnisse bei Aufrichtungsosteotomien waren in den meisten Fällen auf vorbestehende, beginnende Arthrose, Trümmerfrakturen mit intraartikulärer Stufenbildung sowie auf prä- oder postoperative Sudeck'sche Dystrophie zurückzuführen. Daraus ergibt sich die Forderung aller Autoren, die Indikation für die Korrekturosteotomie streng zu begrenzen (dies erklärt auch die geringe Fallzahl von maximal 14 Fällen), um den Patienten - und natürlich auch den Chirurgen - vor Enttäuschungen zu bewahren.

2. Der operative Eingriff

2.1 Klinisches Bild

Durch die pathologische Kippung des distalen Radiusendes kommt es zur Überdehnung der Kapselbandstrukturen und Inkongruenz im distalen Radioulnargelenk. Es besteht eine schmerzhafte Einschränkung der Pro- und Supination aufgrund der Subluxation des Ulnaendes, oft vergesellschaftet mit einem chronischen Reizzustand des nach dorsal vorspringenden Ellenköpfchens. Die Patienten geben Schmerzen bei der behinderten Volarflexion an, wenn, wie in den meisten Fällen, das distale Radiusende nach dorsal gekippt ist. Die Schmerzen sind meist im Mediocarpalgelenk lokalisiert, was durch dessen chronische Überbelastung erklärbar ist (21). Neben der behinderten Pro- und Supination sowie der eingeschränkten Volarflexion ist der Verlust der groben Kraft beim Faustschluß für den Patienten eine schwerwiegende Beeinträchtigung. Diese ist umso ausgeprägter je weiter das distale Speichenfragment nach radial verschoben ist, weil dadurch auch die Flexorsehnen in ihrem

Verlauf abgedrängt werden. Zum klinischen Bild einer in Fehlstellung verheilten Radiusfraktur gehört häufig noch die Weichteilschädigung, meist als Sudeck'sche Dystrophie oder als Folge langer Immobilisation im Gips. Hier muß die Indikation zur operativen Korrektur besonders eng gestellt werden, da ein chirurgischer Eingriff eine zusätzliche Traumatisierung des Gewebes bedeuten würde.

Ein besonderer Blickfang ist das nach Radiusverkürzung vorspringende Ellenköpfchen, was nicht selten so ausgeprägt ist, daß der Patient allein aus ästhetischen Beweggründen einen operativen Eingriff vornehmen lassen möchte.

2.2 Indikationen und Kontraindikationen zur Korrekturosteotomie

Die unter I.5. genannten Operationsverfahren haben jeweils ihre spezielle Indikation, so die Handgelenksdenervierung bei arthrotischen Schmerzzuständen oder die distale Ulnaresektion bei chronischen Beschwerden im distalen Radioulnargelenk aufgrund des Ellenvorschubs; die Aufrichtungsosteotomie hingegen ist von besonderen Voraussetzungen abhängig: neben dem subjektiven Beschwerdebild und der typischen Funktionseinschränkung darf erst eine beginnende Arthrose bestehen. Fortgeschrittene arthrotische Veränderungen stellen bereits eine Kontraindikation für den Eingriff dar, ebenso wie eine Stufenbildung in der distalen Radiusgelenkfläche, die häufig nach Trümmerfrakturen zu erkennen ist. Neben dem Alter des Patienten ist auch sein Beruf als Kriterium für eine operative Korrektur wesentlich. Bei vornehmlich manuell Berufstätigen wird die Indikation zur Korrekturosteotomie leichter zu stellen sein als bei älteren Leuten, deren Ansprüche an ihre Handgelenksfunktion nicht mehr so hoch sind. Fernandez (21) gibt als Altersgrenze 50 Jahre an und tatsächlich sollten Korrekturosteotomien jenseits dieses Alters aufgrund der altersbedingten Veränderungen der Knochenstrukturen nicht mehr

durchgeführt werden, doch ist im vorliegenden Patientenkollektiv auch bei 70jährigen ein gutes Ergebnis erzielt worden. Neben der starken Osteoporose, die postoperative Komplikationen und eine extrem langsame Heilungstendenz befürchten läßt, gilt auch eine weichteilbedingte Funktionsstörung der Hand und Fingergelenke, etwa ein Morbus Sudeck, als Kontraindikation. Diese Weichteilveränderungen würden durch die Operation und die nachfolgende Immobilisation nur noch verschlimmert. Zuletzt ist die Persönlichkeit und aus kosmetischen Gründen auch noch das Geschlecht des Patienten mitentscheidend für die Indikation zur Korrekturosteotomie.

2.3 Die Beurteilung des Röntgenbildes

Die wichtigste Voraussetzung für die Korrekturosteotomie am distalen Radius ist ein den subjektiven Beschwerden entsprechendes Röntgenbild. Nicht selten findet sich bei typischen posttraumatischen Beschwerden ein weitgehend unauffälliger röntgenologischer Befund, der eine operative Korrektur sinnlos werden läßt.

Bei der in Fehlstellung verheilten distalen Radiusfraktur wird das Ausmaß der Dislokation durch Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen festgestellt: aus der frontalen Aufnahme wird die Verkürzung des Radius aus dem Gelenkniveau der Ulna berechnet. Dabei kann man den bei mehr als 50 % der Patienten vorhandenden Abriß des Processus styloideus ulnae erkennen. Ein abgerissener Processus spricht dafür, daß das Ligamentum triangulare, ebenso wie die Gelenkfläche in diesem Bereich, intakt geblieben ist; bei intaktem Processus styloideus ulnae ist dann aber wahrscheinlich das Ligamentum triangulare zerrissen (21). Aus dem a.p. Röntgenbild lassen sich zudem noch die Abweichung des distalen Fragments nach radial, intraartikuläre Stufenbildung der Gelenkfläche, Osteoporose und arthrotische Veränderungen gut erkennen.

Diese zeigen sich in subchondraler Sklerosierung, Gelenkspaltverschmälerung und Ausbildung von Osteophyten im Handgelenk und im distalen Radioulargelenk. Schließlich ist noch auf Veränderungen an den Handwurzelknochen im Sinne von Pseudoarthrosen, Subluxationen oder Malazien zu achten. Auch eine eventuelle Kallusbildung, welche als Brückenkallus die distale Umwendbewegung behindern kann, muß registriert werden.

Die Röntgenaufnahme im seitlichen Strahlengang dient vor allem zur Feststellung des Ausmaßes der Dorsal- bzw. Vorlarkippung des distalen Fragments. Zudem läßt sich gut das nach dorsal vorspringende Ulnaköpfchen erkennen und seine evt. bestehende osteoporotische Veränderung abschätzen.

Es müssen stets vergleichende Röntgenaufnahmen von der Gegenseite vorliegen, um bei der operativen Planung bestehende Minus- oder Plusvarianten des Ulnaköpfchens, wie sie bei 39 % der Bevölkerung vorliegen (21), berücksichtigen zu können.

Die anatomische Radiusgelenkfläche bildet zusammen mit ihrer senkrechten Radiuslängsachse einen nach radial offenen Winkel von 20 - 30°. In der Sagittalebene ergibt sich aus dem Lot zur Radiusgelenkfläche und seinem Schnittpunkt mit der Radiuslängsachse ein nach volar offener Winkel von 10 - 20° (Abb. 13).

Durch das in den meisten Fällen nach dorsal bzw. volar gekippte Fragment ergibt sich eine Fehlstellung der Winkel, die in ihrem Ausmaß das operative Vorgehen bestimmen. Meist findet sich im Vergleich zur Gegenseite eine Deviation in dem nach radial offenen Winkel um 10 - 20°, in dem nach volar offenen Winkel sogar um 30° und mehr mit Kippung der Gelenkfläche nach dorsal oder extrem nach volar.

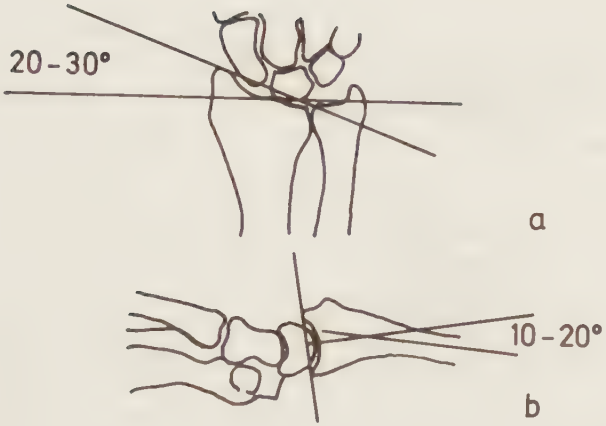


Abb. 13
Normale Verhältnisse der Gelenkfläche des distalen Radius. a) Frontalebene: Ulnare Abweichung von 20-30°. b) Sagittalebene: Volare Abweichung von 10-20°.
nach D.L. Fernandez et al.: Die Korrekturosteotomie am distalen Radius bei posttraumatischer Fehlstellung. Arch. orthop. Unfallchir. 90 (1977) 199-211 (s. Lit.-Hinweis 21).

Die Differenz zwischen distalem Ellen- und Speichenende orientiert sich an den Gelenkflächen: es wird eine Gerade, senkrecht zur Radiuslängsachse, durch das ulnare Ende der Radiusgelenkfläche gelegt, parallel dazu verläuft die Linie, die durch die radiale Gelenkfläche der Elle zieht. Unter Berücksichtigung von Plus- oder Minusvarianten der Ulna gegenüber dem Radius kann so das Ausmaß des Ellenvorschubs festgelegt und eventuell die zusätzlich notwendige Indikation zur Ellenköpfchenresektion gestellt werden (Abb. 14).

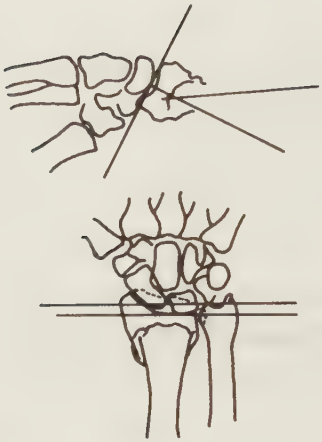


Abb. 14
Planung der Osteotomie: Einzeichnen des Fehlstellungswinkels in Bezug auf die Radiuslängsachse und Markierung des Ulnarvorschubes.
nach D.L. Fernandez et al.: Die Korrekturosteotomie am distalen Radius bei posttraumatischer Fehlstellung. Arch. orthop. Unfallchir. 90 (1977) 199-211 (s. Lit.-Hinweis 21).

2.4 Technik der Aufrichtungsosteotomie am distalen Radius

Einen Tag vor der geplanten Operation wird anhand von Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen die Fehlstellung und Verkürzung des Radius im Vergleich zur gesunden Seite nach den o.a.(2.3) Kriterien gemessen. Dabei diktiert vor allem das Ausmaß des relativen Ellenvorschubs das operative Vorgehen: eine aufklappende Osteotomie wird nur bei einer Differenz der Gelenkflächen von 10 mm vorgenommen, bei einem größeren Längenunterschied kann nur durch die quere Osteotomie mit Einsetzen eines blockförmigen Beckenkammspans der erforderliche Längenausgleich erreicht werden.

Die Operation wird in Blutleere und Plexusanästhesie oder in Allgemeinnarkose vorgenommen. Der operative Zugang richtet sich nach der vorliegenden Frakturform: bei Abkippung des distalen Speichenendes nach dorsal, also nach einer Colles-Fraktur, wird der dorso-radiale Zugang gewählt, bei volarer Fehlstellung (Smith-Fraktur) mit radialer Abweichung (Smith-Goyrand-Fraktur) wird der Eingriff von volar durchgeführt.

Dorsaler Zugang:

Nach einer leicht S-förmig geschwungenen, dorso-radialen Inzision entlang der distalen Speichenlängsachse wird das Retinaculum extensorum an seiner lateralen Seite durchtrennt und ulnarwärts freipräpariert. Dabei ist zu Beginn vor allem der Ramus superficialis des N. radialis zu schonen und des weiteren auf den Verlauf der Sehne des M. extensor pollicis longus zu achten, da postoperativ eine Strecksehneninsuffizienz oder schmerzhafte Reizungen im Sehnenverlauf das subjektive Befinden des Patienten stark beeinträchtigen können (s.a. III,3.3). Schließlich wird das dorsale, distale Radiusende zwischen der Sehne des M. extensor carpi radialis brevis und der Sehne des M. extensor digitorum dargestellt. Die Osteotomie wird entlang der alten Frakturstelle vorgenommen, wobei zu berücksichtigen ist, daß der Periostschlauch der Gegenseite unverletzt bleibt. Dadurch wird ein seitliches Abgleiten des distalen Radiusendes verhindert und eine größere Stabilität des einzubringenden Knochenkeils sowie eine raschere Konsolidierung erreicht. Entsprechend der präoperativ festgestellten Differenz der Gelenkwinkel im Vergleich zur Gegenseite wird nun das distale Radiusende in dem erforderlichen Maß aufgeklappt (Abb. 15). Der aus dem Bereich der Spina iliaca anterior superior gewonnene, korticospongiöse Span wird nach winkelgerechter Anpassung unter Bildwandlerkontrolle in das aufgeklappte distale Radiusende eingebracht. Zur Fixation der Aufrichtungsosteotomie wird eine T-förmige Kleinfragmentplatte

nach AO der dorsalen Radiusfläche angepaßt und mit Schrauben distal und proximal des eingebrachten Knochenkeils befestigt. Abschließend wird das Retinaculum extensorum wieder auf seiner radialen Seite vernäht.

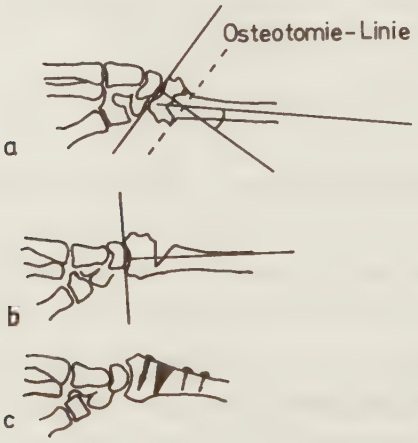


Abb. 15
Technik der aufklappenden Osteotomie am distalen Radius mit Einsetzen eines keilförmigen korticospongiösen Spans. Fixation mit einer T-Platte nach AO.
nach D.L. Fernandez et al.: Die Korrekturosteotomie am distalen Radius bei posttraumatischer Fehlstellung. Arch. orthop. Unfallchir. 90 (1977) 199-211 (s. Lit.-Hinweis 21).

Volarer Zugang:

Bei Abkippung des distalen Fragments nach volar und radial wird lateral der Sehne des M. flexor carpi radialis eingegangen. Zwischen ihr und der radialen Gefäßstraße wird etwas tiefer der M. pronator quadratus sichtbar. Nach dessen Freipräparierung und lateraler Durchtrennung stellt sich das deformierte distale Radiusende dar. Nun wird entsprechend dem o.g. Verfahren durch schräge Osteotomie und Aufklappen des distalen Endes unter Röntgenbild-

kontrolle ein zimmermannsmäßig bearbeiteter Knochenkeil eingebracht. Diese Aufrichtungsosteotomie wird mit einer volaren T-förmigen Platte gesichert. Der zuvor radialseits abgelöste M. pronator quadratus wird erneut fixiert.

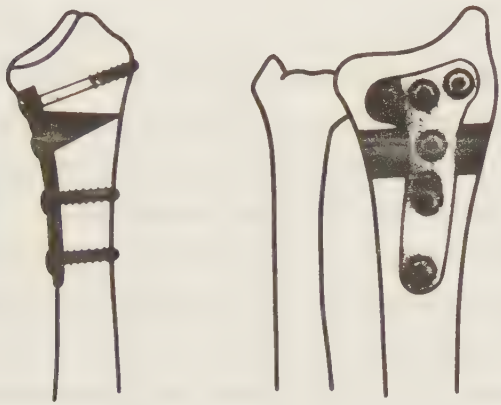


Abb. 16
Längenausgleich des relativen Ellenvorschubs mittels keilförmigen bzw. blockförmigen Knochenspans bei größerer Gelenkflächendifferenz.

Besteht präoperativ bereits ein relativer Ellenvorschub von mehr als 10 mm, so wird anstelle der queren die gerade Osteotomie vorgenommen, da die Aufklappung des distalen Radiusende naturgemäß limitiert ist. Das operative Vorgehen entspricht den genannten Verfahren, nur wird hierbei ein passender Knochenblock zwischen die beiden getrennten Radiusanteile eingefügt (Abb. 16). Die Fixation erfolgt durch eine dorsale bzw. volare Abstützplatte.
Bei zwei Patienten lag präoperativ ein extremer Ellenvorschub von mehr als 15 mm Länge vor. Da sich nur schwer ein derartig großer Knochenblock aus dem Beckenkamm gewinnen läßt, und eine Auffüllung mit Spongiosa nicht

genügend Stabilität für eine Aufrichtungsosteotomie gewähren würde, mußte bei den beiden Patienten die Knochenblockinterposition mit einer Ellenendresektion kombiniert werden.

2.5 Nachbehandlung

Postoperativ wird die Ruhigstellung des betroffenen Areals durch Anlegen einer volaren Unterarmgipsschiene erreicht. Da die Korrekturosteosynthese - außer bei präoperativ bestehender hochgradiger Osteoporose - übungsstabil ist, werden vom ersten postoperativen Tag an Bewegungsübungen ohne Belastung durchgeführt. In der Regel werden am zehnten Tag nach dem Eingriff die Fäden entfernt. Dieser Termin gilt auch als frühest möglicher Zeitpunkt für die Entfernung der Gipsschiene. Je nach Röntgenbefund, unsicherer Stabilisierung der operativ erreichten Stellungsverbesserung, der Einsichtsfähigkeit und individuellen Persönlichkeit des Patienten kann die Gipsschiene aber auch bis zu sechs Wochen belassen werden. In der vierten Woche post operationem wird mit der physikalischen Therapie begonnen, die bei komplikationslosem Verlauf für acht bis zwölf Wochen durchgeführt wird.

III. VERGLEICHENDE ERGEBNISSE NACH KORREKTUROSTEOTOMIE AN 38 PATIENTEN

1. Patientenkollektiv

Innerhalb eines Zeitraumes von knapp 8 Jahren, von 1974 bis Mitte 1982, wurden 42 Korrekturosteotomien an Patienten durchgeführt, die an den Folgen einer in Fehlstellung verheilten, distalen Radiusfraktur litten. Im Rahmen einer abschließenden Nachuntersuchung konnte bei 38 Patienten das postoperative Gesamtergebnis überprüft werden; zwei der fehlenden Patienten lebten im Ausland, zwei weitere erklärten, sie wären vollkommen beschwerdefrei, sodaß sie vom Sinn einer Nachuntersuchung nicht zu überzeugen waren.
Somit basieren die folgenden Daten auf den vergleichenden Ergebnissen nach Korrekturosteotomie bei 38 Patienten.

1.1. Alters- und Geschlechterverteilung

Das Durchschnittsalter im Patientenkollektiv betrug zum Zeitpunkt der Fraktur 40,8 Jahre, wobei das der männlichen Patienten mit 33,7 Jahren deutlich unter dem der Patientinnen liegt, die ein Durchschnittsalter von 45,9 Jahren aufweisen. Die weiblichen Patienten sind mit knapp 58% (=22 Fälle) auch wesentlich stärker vertreten als die männlichen Patienten mit 42% (=16 Fälle). Die Alters- und Geschlechtsverteilung in Bezug zur Häufigkeit der Fraktur ergibt sich aus Abb. 17.

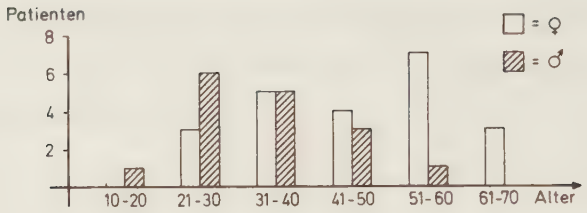


Abb. 17

Die unterschiedliche Repräsentation der Altersgruppen mag u.a. darauf zurückzuführen sein, daß die männlichen Patienten meist bei Arbeits-, Sport- oder Verkehrsunfällen, somit in der Altersgruppe der 20 - 50jährigen, eine distale Radiusfraktur davontrugen, wohingegen von den 22 Patientinnen allein 11 - zumeist ältere Frauen - bei Glatteis gestürzt und weitere fünf bei Arbeiten im Haushalt verunglückt waren.

1.2. Frakturformen

Die meisten Patienten berichteten, daß sie im Moment des Sturzes bzw. des Aufpralls versucht hätten, sich mit der ausgestreckten Hand abzustützen. Bekanntlich entspricht eben dieses Verhalten dem Pathomechanismus der Colles-Fraktur, die, wie unter I.1.2. angeführt, als Überstreckungsbruck bei nach dorsal flektierter Hand durch Biegungs-, Kompressions- und Zugkräfte zustande kommt.

Im vorliegenden Patientenkollektiv ist diese Radiusfraktur an typischer Stelle mit 28 Fällen (= 74%) weitaus am häufigsten zu finden, wohingegen eine Smith-Fraktur - meist verursacht durch Sturz auf die palmar flektierte Hand - nur bei 6 Patienten (= 16%) vorlag. In 4 Fällen (= 10%) bestand präoperativ eine in Fehlstellung verheilte distale Radiustrümmerfraktur, die trotz der

zuvor erwähnten relativen Kontraindikation mit Hilfe der Aufrichtungsosteotomie korrigiert wurde. In diesen vier ausgesuchten Fällen versprach - aufgrund des präoperativen klinischen Bildes und des Röntgenbefundes - die Osteotomie mit Beckenkammspaninterponat im Vergleich zu anderen Verfahren den größten funktionellen Erfolg, sodaß dieser operative Eingriff hier sinnvoll erschien.

Eine der häufigsten Begleiterscheinungen der distalen Radiusfraktur, der Abriß des Processus styloideus ulnae, führt zur Instabilität im distalen Radioulnargelenk und somit zu einem zusätzlichen Funktionsverlust (61). Diese, den präoperativen funktionellen Zustand erheblich beeinträchtigende Begleitverletzung, entsteht entweder durch direkte Gewalteinwirkung oder indirekt durch ligamentäre Verschiebungen bei intaktem Discus triangularis (s.a. I,1.). Bei 22 der 38 Patienten (= 58 %) lag präoperativ eine Fraktur des Proc. styl. ulnae vor, wobei gemäß dem o.a. Pathomechanismus die Trümmerfrakturen - der extremen Gewalteinwirkung entsprechend - prozentual am häufigsten (75 %) mit einem Abriß des Proc. styl. ulnae einhergingen. Bei den Smith-Frakturen kam es in 3 Fällen (= 50 %), bei den 28 Colles-Frakturen bei 16 Patienten (= 57 %) zu einem Abriß des Griffelfortsatzes der Elle.

Für die Alters- und Geschlechtsverteilung der Frakturformen einschließlich der Häufigkeit der Griffelfortsatzfraktur ergibt sich somit folgendes Bild:

	ALTER												
	10 - 20		21 - 30		31 - 40		41 - 50		51 - 60		61 - 70		Gesamt-zahl der Patienten
	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	
COLLES-Frakturen	-	1	3	4	3	4	3	2	6	1	1	-	28=74 %
SMITH-Frakturen	-	-	1	-	2	1	-	-	-	-	2	-	6=16 %
Trümmer-Frakturen	-	-	-	2	-	-	-	1	1	-	-	-	4=10 %
Fraktur des Proc. Styloidens ulnae	-	1	4	3	2	3	2	1	3	1	2	-	22=58 %

Tab. 1. Alters- und Geschlechterverteilung in Bezug auf die Frakturform

1.3. Prä- und postoperative Zeitfaktoren in der Behandlung und Kontrolle der Korrekturosteotomien

Entsprechend des mit unterschiedlicher Intensität bestehenden Beschwerdebildes aber auch in Unkenntnis der Korrekturmöglichkeiten deform verheilter distaler Radiusfrakturen, kamen die Patienten innerhalb eines Zeitraumes von 3 Wochen bis zu 10 Jahren nach der Fraktur zur Behandlung. Im Durchschnitt bestand die Deformität des distalen Radiusendes zum Zeitpunkt der Korrekturosteotomie seit 15,5 Monaten.

Auf die möglichen Zusammenhänge zwischen der Dauer der vorbestehenden Fehlform und dem Endergebnis der Korrekturosteotomie wird an späterer Stelle (III. 4.7.) näher eingegangen.

Die Dauer der stationären Behandlung post operationem betrug selten mehr als 8 Tage, die dorsale bzw. volare Gipsschale wurde fast ausnahmslos zwischen der vierten und sechsten Woche nach dem Eingriff entfernt. Die ambulante Nachsorge einschließlich Physiotherapie und Röntgenbildkontrolle war zumeist drei bis vier Monate nach der Korrekturosteotomie abgeschlossen, nur bei drei Patienten ergaben sich extreme Abweichungen: zwei von ihnen hatten eine Trümmerfraktur erlitten, die auch postoperativ noch eine besonders langwierige (18 bzw. 42 Monate) und sorgsame Nachbehandlung erforderte. Im dritten Fall handelte es sich um eine zum Zeitpunkt der Korrekturosteotomie 69jährige Patientin mit präoperativer Smith-Fraktur, die trotz des röntgenologisch sehr guten Ergebnisses über weiter bestehende schmerzhafte funktionelle Behinderung klagte und deren Behandlung bis zum heutigen Tag noch nicht abgeschlossen ist.

Die bei der Korrekturosteotomie zur Stabilisierung des eingebrachten Knochenkeils verwendete T-Platte wurde, entsprechend den altersabhängigen und

funktionsbedingten Knochenumbauvorgängen, nach durchschnittlich 10 Monaten wieder entfernt. In fünf Fällen war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung das Fixationsmaterial noch nicht entfernt. Bei drei Patienten war es postoperativ zur Osteomyelitis im Bereich der T-Platte gekommen, bei einem von ihnen bestand präoperativ eine Trümmerfraktur.

Schon aus diesen ersten Hinweisen auf die das Endergebnis beeinflussenden Faktoren (Frakturform, hohes Alter) ergibt sich, daß bevorzugt eben bei jenen Patienten Komplikationen auftraten, bei denen die Indikation zur Korrekturosteotomie nicht ohne Vorbehalte gestellt worden war. Das größte Zeitintervall zwischen Korrekturosteotomie und der vorliegenden Abschlußuntersuchung betrug genau 100 Monate, im Gegensatz dazu steht der geringste zeitliche Abstand zur Aufrichtungsosteotomie von nur 3 Monaten. Im Durchschnitt betrug dieser Beobachtungszeitraum 28 Monate, womit zur Beurteilung und zum Vergleich des Endergebnisses mit den präoperativen Befunden eine ausreichende Zeitspanne gegeben scheint.

Auf etwaige Auswirkungen der zeitlichen Zusammenhänge zwischen Fraktur und Korrekturosteotomie, Materialentfernung und Zeitpunkt der Nachuntersuchung auf das Endergebnis wird unter III, 4.7.-9. näher eingegangen.

2. Präoperativer Zustand

2.1. Röntgenologischer Befund

Für die Indikation zur Korrekturosteotomie ist der röntgenologische Befund im Gegensatz zum bestehenden Schmerz- und Funktionszustand nur von sekundärer Bedeutung. Unentbehrlich sind die präoperativen Röntgenaufnahmen dagegen als Grundlage zur Festlegung des operativen Vorgehens (s.a. II,2.3 und II,2.4), daneben erlauben sie einen Vergleich mit dem postoperativen röntgenolo-

gischen Ergebnis (s. III,3.1) sowie einen Vergleich mit dem funktionellen Endresultat (s. III,4.5).

Es werden jeweils Aufnahmen des frakturierten Radius in der Frontal- und der Sagittalebene mit Röntgenbildern der gesunden Gegenseite verglichen, um eventuell bestehende Plus- oder Minusvarianten bei der präoperativen Beurteilung berücksichtigen zu können.

Zur Bewertung der dargestellten Fehlform des distalen Radius sind die Abflachung des radialen Speichenschaft-Gelenkwinkels, die dorsale bzw. volare Abwinkelung des Speichenendes sowie die Verkürzung des Radius gegenüber der Ulna bedeutsam, des weiteren ist das Ausmaß einer bestehenden oder beginnenden Arthrose sowie eine Demineralisation zu berücksichtigen.

Die Ruptur der radioulnaren Ligamente, der gemeinsamen Gelenkkapsel und des Discus triangularis kann zur posttraumatischen Instabilität des distalen Radioulnargelenks und des Ulnaendes führen. Die röntgenologische Diagnose dieser Komplikation, die sich als Diastase des Gelenkraums zwischen Radius und Ulna darstellt, ist jedoch nur bedingt verwertbar. Neben individuellen Varianten stellt vor allem die Schwierigkeit exakte Röntgenaufnahmen zu erhalten den Aussagewert der Diagnose von vorneherein in Frage. Aus diesen Gründen wurde darauf verzichtet, entsprechende Befunde in die Bewertung (s.u.) mit einzubeziehen.

Die Beurteilung der präoperativen röntgenologischen Befunde erfolgt nach Modifizierung und Ergänzung der von Lidström (40) erstellten Kriterien:

1) Keine oder unbedeutende Deformität:

a) Abflachung des Speichenschaft-Gelenkwinkels bis zu 5^{o} (im Vergleich zur Gegenseite)

oder:

b) dorsale bzw. volare Abwinkelung des distalen Radiusendes bis zu 10^{o} (im Vergleich zur Gegenseite)

oder:

c) Verkürzung des Radius um weniger als 3 mm

sowie:

d) minimale arthrotische Zeichen

e) keine Demineralisierung

2) Leichte Deformität des distalen Radiusendes:

a) Abflachung des Speichenschaft-Gelenkwinkels um 6^{o} - 10^{o},

und/oder:

b) dorsale bzw. volare Abwinkelung von 11^{o} - 20^{o},

und/oder:

c) Verkürzung des Radius um 3 - 6 mm,

sowie:

d)+e) geringe arthrotische Zeichen und

geringe Demineralisation

3) Mäßige Deformität:

a) Abflachung des Speichenschaft-Gelenkwinkels um 11^{o} - 15^{o},

und/oder:

b) dorsale bzw. volare Abwinkelung von 21^{o} - 30^{o},

und/oder:

c) Verkürzung des Radius um 7 - 10 mm,

sowie:

d)+e) mäßige Arthrose und Demineralisation der beteiligten Knochenstrukturen

4) Starke Deformität:

a) Abflachung des Speichenschaft-Gelenkwinkels um mehr als 15^{o}

und/oder:

b) dorsale bzw. volare Abwinkelung um mehr als 30^{o},

und/oder:

c) Verkürzung des Radius um mehr als 10 mm,

sowie:

d)+e) starke Arthrose und ausgeprägte Demineralisation der beteiligten Knochenstrukturen.

Zum Zeitpunkt der vorliegenden Kontrolluntersuchung konnten nur bei 25 der 38 Patienten präoperative Röntgenaufnahmen zum Vergleich herangezogen werden. Von 13 Patienten waren die entsprechenden Röntgenbilder trotz großer Bemühungen nicht mehr zugänglich, da sie für Begutachtungsfragen, Zivildienstverfahren, Rentenanträge, auswärtige Nachbehandlungen etc. entliehen worden waren.

	Anzahl der Fälle	%
Keine Deformität d. distalen Radius	1	4
leichte Deformität	11	44
mäßige Deformität	7	28
starke Deformität	6	24
Gesamt	25	100

Tab. II. Präoperative röntgenologische Befunde

Die Verteilung der präoperativen röntgenologischen Befunde ergibt sich aus Tabelle II. Bei knapp der Hälfte der genannten Patienten lag keine oder nur eine geringe Deformität des distalen Radius vor, ein Befund, der im deutlichen Gegensatz zum präoperativen, subjektiven Beschwerdebild steht.

2.2. Subjektive Bewertung

Wie bei jeder Beurteilung von lange zurückliegenden Beschwerden war es auch hier schwierig, die subjektive Bewertung des präoperativen Zustandes genau zu erfassen. Zumeist wurden den Patienten erst auf gezielte Fragen Funktionseinschränkung und Bewegungsschmerz erinnerlich.

Exakte Erhebungen, die eine regelrechte Einteilung entsprechend dem Schweregrad der präoperativen Behinderung gegeben hätten waren nicht möglich, und so beschränkt sich die Bewertung der präoperativen Funktionsbehinderung auf folgende Zuordnung:

1) unbeeinträchtigte Funktion
2) leichte Behinderung bei entsprechenden Bewegungen
3) mäßige Beeinträchtigung
4) starke Funktionseinbuße
5) entsprechende Bewegung nicht mehr möglich

Die Patienten wurden nach Druck-, Ruhe- und Belastungsschmerz gefragt, nach dem Ausmaß der Beweglichkeit der Hand nach radial, ulnar, dorsal und palmar, nach dem noch möglichen Ausmaß der Umwendbewegung im betroffenen Handgelenk sowie nach der Greiffunktion, der Möglichkeit des Faustschlusses und der verbliebenen Fähigkeit Feinarbeiten auszuführen, all dies

jeweils im Vergleich zur "gesunden" Gegenseite. Schließlich sollten sie ihre präoperativ bestehenden Schmerzen und Funktionsbehinderungen zusammenfassend und sinngemäß jeweils einem der o.a. Punkte 1 - 5 zuordnen.

Wie aus Tab. III hervorgeht, bestand präoperativ sehr häufig eine starke Funktionseinschränkung bei Bewegungen der Hand nach radial und ulnar, in jeweils 9 Fällen (= 24 %) war sie gänzlich unmöglich geworden. Zwanzig Patienten (= 53%) klagten über völligen Verlust der Drehbewegung im Unterarm, weitere 14 Patienten (= 37 %) berichteten, daß sie entsprechende Bewegungen nur noch in geringem Ausmaß durchführen konnten. 68 % aller Patienten empfanden die Palmarflexion als stark behindert oder völlig aufgehoben, und über eine stark eingeschränkte oder undurchführbare Dorsalflexion wurde fast ebenso häufig geklagt.
Fast ausnahmslos erinnerten sich die Patienten an Schwierigkeiten beim Zugreifen und Festhalten von Gegenständen sowie an ihre Unfähigkeit, mit den Fingerspitzen die Handinnenfläche zu erreichen. Ebenso hatten die meisten durch die deform verheilte Fraktur erhebliche Schwierigkeiten bei feineren Arbeiten, die eine gewisse Geschicklichkeit erforderte. Allerdings muß hier berücksichtigt werden, daß sechs der Patienten präoperativ an einem Sudeck'schen Syndrom litten. Diese Patienten gaben alle starke Funktionseinbußen bzw. Unfähigkeit zu den aufgeführten Bewegungen an.

Eine 27jährige Patientin mit einer Smith-Fraktur gab außer einer mäßigen Bewegungsbehinderung nach dorsal sowie schmerzhafter Einschränkung von Pro- und Supination keinerlei Beschwerden an. Hier ergab sich die Indikation zur Korrekturosteotomie aus prophylaktischen Erwägungen, da das Röntgenbild einen nicht unerheblichen Ellenvorschub sowie eine beginnende Arthrose

Anzahl der Patienten mit	bei Bewegungen							
	n. radial	ulnar	dorsal	palmar	b. Pro/Supin.	Greifen	Faustschluß	Feinarbeit
unbeeinträchtigter Funktion	-	-	-	1	-	1	1	1
leichter Behinderung	3	2	5	2	-	4	-	2
mäßiger Behinderung	7	7	9	9	4	13	14	11
starker Funktionseinbuße	19	20	17	16	14	15	14	14
aufgehobener Funktion	9	9	7	10	20	5	9	10

Tab. III. Häufigkeit der verschiedenen präoperativen Bewegungseinschränkungen

zeigte. Neben den genannten Funktionsbehinderungen litten die meisten Patienten unter Schmerzen bei Belastung und/oder in Ruhe. 76% aller Patienten (= 29) gaben mäßige bis sehr starke Schmerzen an, die bei allen Tätigkeiten und Belastungen des Handgelenks aufgetreten waren; sieben weitere Patienten berichteten über leichte Schmerzen und nur 2 Patienten waren präoperativ schmerzfrei. 18 der o.a. 29 Patienten gaben an, im Bereich des frakturierten Radiusendes auf Druck Schmerzen empfunden zu haben.

	Anzahl d. Fälle	%
Keine Schmerzen	2	5
leichte Schmerzen	7	18
mäßige Schmerzen	8	21
starke Schmerzen	12	32
sehr starke Schmerzen	9	24
Gesamt	38	100

Tab. IV. Präoperativer Schmerzzustand

Tabelle IV gibt einen Überblick über die subjektive Bewertung des präoperativen Schmerzzustandes, in Tabelle V wird der präoperative Schmerzzustand mit der jeweiligen Frakturform in Beziehung gesetzt.

Bei all diesen subjektiven Angaben muß natürlich stets im Auge behalten werden, daß die persönliche Beurteilung des präoperativen Zustandes im Durchschnitt mehr als 2 Jahre nach der Korrektursteotomie erfolgte, somit sowohl durch die Erinnerung als auch durch das postoperative Ergebnis zu

	Frakturform					
	Colles-Fraktur		Smith-Fraktur		Trümmer-Fraktur	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
keine Schmerzen	1	3	-	-	1	25
leichte Schmerzen	5	18	1	17	1	25
mäßige Schmerzen	7	25	1	17	-	-
starke Schmerzen	10	36	2	33	-	-
sehr starke Schmerzen	5	18	2	33	2	50
Gesamt	28	100	6	100	4	100

Tab. V. Präperativer Schmerzzustand in Bezug auf die Fraktur-Form

über- oder unterbewerteter Fehlerinnerung führen kann.

Zu bemerken bleibt noch, daß drei der neun Patienten, die präoperativ sehr starke Schmerzen verspürten, nach wiederholten Repositionsmanövern unter den Folgen eines Sudeck'schen Syndroms litten, so daß ihr Schmerzzustand sicherlich nicht nur auf die bestehende Fehlform zurückzuführen war.

	Anzahl der Fälle	%
Keine Funktionsminderung	-	-
leichte Behinderung	3	8
mäßige Behinderung	10	26
starke Funktionseinbuße	14	37
sehr starke Funktionseinbuße	11	29
Gesamt:	38	100

Tab. VI. Subjektive Bewertung der präoperativen Funktionsminderung

	Fraktur-Form					
	Colles-Fraktur		Smith-Fraktur		Trümmer-Fraktur	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
keine Funktionsminderung	-	-	-	-	-	-
leichte Behinderung	1	3	2	33	-	-
mäßige Behinderung	8	29	1	17	1	25
starke Funktionseinbuße	12	43	1	17	1	25
sehr starke Funktionseinbuße	7	25	2	33	2	50
Gesamt:	28	100	6	100	4	100

Tab. VII. Subjektive Bewertung der präoperativen Funktionsminderung im Vergleich mit der Fraktur-Form

Ebenso ist diese Tatsache bei der Bewertung der präoperativen Funktionsminderung (Tab. VI und VII) zu berücksichtigen, wobei in zwei Fällen eine starke und in drei Fällen eine extreme Funktionseinbuße mit einem Sudeck'schen Syndrom einhergingen.

Bei allen Patienten bestanden präoperativ z.T. erhebliche röntgenologisch festgestellte Deformierungen, die zumeist auch mit äußerlich sichtbaren Fehlstellungen einhergingen. Nur 2 Patienten bezeichneten den betroffenen Handgelenksbereich äußerlich als normal, die anderen Patienten, männlich wie weiblich, empfanden die Deformierung als optisch sehr störend. Teilt man die Aussagen der Patienten über den präoperativen "kosmetischen" Zustand in vier Gruppen ein, so ergibt sich folgendes Bild:

1. ohne Deformität: 2 Patienten
2. mäßige Deformität: 4 Patienten
3. starke Deformierung: 16 Patienten
4. extreme Deformierung: 16 Patienten

Die äußerliche Fehlform bestand in Abweichung der distalen Speiche nach radial, Prominenz des Ulnaköpfchens oder in der sog. "Gabelrückenstellung" der Hand zum Unterarm, wobei genaue Angaben über Ausmaß und Häufigkeit der einzelnen Deformierungen fehlen, da diese einerseits subjektiv der Erinnerung unterliegen, andererseits vor dem Eingriff nicht objektiviert wurden.
In keinem Fall war die kosmetisch störend wirkende Deformierung Ausgangspunkt für die Korrektursteotomie, vielmehr ließ sich mit Beseitigung der anatomischen Fehlform zumeist auch das kosmetische Problem erheblich verringern (s. unter III 3.4).

2.3. Bestehende Begleitkomplikationen

Zu den typischen Begleitkomplikationen der distalen Radiusfraktur zählen der relative Ellenvorschub, Verletzungen des distalen Radioulnargelenks und die Sekundärarthrose im Radiocarpal- bzw. im Radioulnargelenk. Diese am ehesten röntgenologisch erkennbaren Befunde sind vornehmlich unter III,2.1 zusammengefaßt. Des weiteren findet sich nicht selten eine Sudeck'sche Dystrophie, ein N. medianus-Kompressionssyndrom oder eine Ruptur der langen Daumenstrecksehne. Nun bietet es sich geradezu an, mit Hilfe der Korrekturosteotomie plus Spaltung des Retinaculum flexorum Ursache und Folge des Carpaltunnelsyndroms zu beseitigen, andererseits kann gerade durch den operativen Eingriff ein Kompessionssyndrom provoziert werden. Beides muß bei der Beurteilung des operativen Ergebnisses berücksichtigt werden. Im vorliegenden Patientengut bestand nur bei einer 44jährigen Patientin mit Smith-Fraktur präoperativ ein Carpaltunnelsyndrom welches erhebliche Beschwerden verursachte.

Ebenso wie das N. medianus-Kompressionssyndrom kann auch die Ruptur der Sehnen des Musc. extensor pollicis longus sowohl durch die in Fehlstellung belassene distale Radiusfraktur als auch durch die Korrekturosteotomie selbst verursacht werden. In zwei Fällen, einer Colles- und einer Trümmerfraktur, lag präoperativ ein Riß der langen Daumenstrecksehne vor, die bei der Aufrichtungsosteotomie durch Indicesplastik kompensiert werden konnte.

Anders jedoch ist eine vorbestehende Sudeck'sche Dystrophie zu beurteilen. Im akuten Stadium stellt sie eine absolute Kontraindikation zur Korrekturosteotomie dar, wohingegen sie später, vor allem bei weniger ausgeprägter Verlaufsform, eine Aufrichtungsosteotomie nicht verbietet. Vielmehr kann durch die postoperativ verbesserte Beweglichkeit im Handgelenksbereich die Durchblutung aufgrund der muskulären Pumpwirkung gesteigert werden und somit der das Sudeck'sche Syndrom unterhaltende circulus vitiosus aus Schmerz, Bewegungseinschränkung, Minderperfusion und Dystrophie durchbrochen werden. In sechs der vorliegenden 38 Fälle (= 16%) bestand präoperativ ein Sudeck'sches Syndrom geringerer Ausprägung. Bei 4 Patienten war eine Colles-, des weiteren je eine Smith- bzw. Trümmerfraktur vorausgegangen. Es handelte sich ausschließlich um Frauen, die zum Zeitpunkt der Fraktur zwischen 45 und 68 Jahre alt waren. Wie aus Tab. VIII ersichtlich, waren im höheren Alter und bei vorbestehender Trümmerfraktur die Funktionsbehinderung und der Schmerzzustand ausgeprägter als bei den beiden Patientinnen, die sich vor dem 50. Lebensjahr eine Radiusfraktur mit nachfolgendem Sudeck-Syndrom zugezogen hatten.

Alter	Fraktur-Form	Schmerzen	Funktionsbehinderung
34 J.,	Colles-Fraktur	mäßig	sehr stark
46 J.,	Colles-Fraktur	leicht	mäßig
53 J.,	Trümmer-Fraktur	sehr stark	sehr stark
56 J.,	Colles-Fraktur	sehr stark	sehr stark
60 J.,	Colles-Fraktur	sehr stark	sehr stark
68 J.,	Smith-Fraktur	stark	stark

Tab. VIII. Präoperativer Zustand der 6 Patientinnen mit Sudeck'schem Syndrom

Im Einzelfall bleibt es schwierig, die Auswirkung vorbestehender Begleitkomplikationen auf das Endergebnis vorherzusagen, da eine Verbesserung aber auch eine Verschlechterung dieses Zustandes durch die Korrekturosteotomie eintreten kann, zuweilen wird durch den Eingriff sogar erstmals eine der o.g. Komplikationen hervorgerufen.

Eine Analyse der möglichen Auswirkungen vorbestehender Begleitkomplikationen auf das Endergebnis findet sich unter III 4.6.

3. Postoperative vergleichende Ergebnisse

3.1. Röntgenologischer Befund

Im Gegensatz zu den präoperativen Röntgenaufnahmen, die nur noch bei knapp zwei Drittel aller Patienten verfügbar waren (s. 2.1), konnten im Rahmen der Nachuntersuchung (außer bei einer Patientin mit bestehender Frühschwangerschaft) bei 37 Patienten röntgenologische Befunde erstellt werden.

Ziel der Aufrichtungsosteotomie ist eine möglichst genaue anatomische Rekonstruktion des distalen Radiusendes. Ihr Gelingen wird bestimmt von einer Vielfalt beeinflussender Faktoren wie den operationstechnischen Fähigkeiten, der Größe des zu gewinnenden Knochenkeils, mangelhafter Konsolidierung des eingebrachten Knochenspans, Begleitkomplikationen, präoperativ bestehender Arthrose, Demineralisation usw.

In welchem Ausmaß die anatomische Wiederherstellung des distalen Speichenendes (entsprechend den in III,2.1 genannten Kriterien) erreicht werden konnte, zeigen Tabelle IX und Abb. 18.

	Anzahl der Fälle	%
Keine Deformität d. distalen Radius	14	38
leichte Deformität	10	27
mäßige Deformität	10	27
starke Deformität	3	8
Gesamt:	37	100

Tab. IX. Postoperative röntgenologische Befunde

Präoperativ bestand bei 52 % aller Patienten eine starke Abflachung des Speichenschaft-Gelenkwinkels, eine dorsale bzw. volare Abwinkelung des Speichenendes von mehr als 20° sowie ein relativer Ellenvorschub über 7 mm, nach den in III,2.1 genannten Richtlinien also ein mäßiger oder schlechter röntgenologischer Befund.

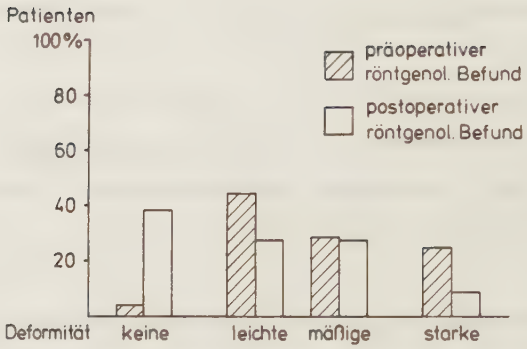


Abb. 18

Postoperativ zeigt sich eine derartige Fehlstellung bei 35 % der Patienten. Trotz aller operativen Möglichkeiten kann somit durch einen der zuvor erwähnten Faktoren letztendlich ein röntgenologisch unbefriedigendes Ergebnis vorliegen.

Bei der weitaus größeren Zahl der Patienten (65 %) wurde jedoch ein der gesunden Seite ähnliches anatomisches Endergebnis erreicht. Die Abbildungen 19 mit 22 geben anhand vergleichender prä- und postoperativer Aufnahmen ein Beispiel für dauerhaft gelungene, stabile Rekonstruktion des distalen Radiusendes.

Abb. 19

Typischer Speichenbruch mit Verschiebung des distalen Speichenfragments nach dorsal. Vergleichende prä- und postoperative Aufnahmen.

Abb. 20
Smith-Fraktur mit nachfolgend relativem Ellenvorschub.
Prä- und postoperativer röntgenologischer Befund.

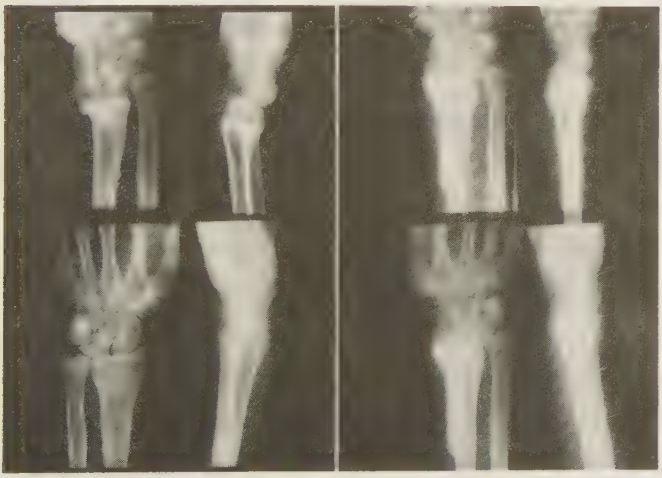


Abb. 21
Extremer Ellenvorschub nach einer Colles-Fraktur. Vergleichende Röntgenaufnahmen des unbeteiligten Handgelenks. Abschließend läßt sich die weitgehende Konsolidierung sowie der Ausgleich der Gelenkflächendifferenz gut erkennen.

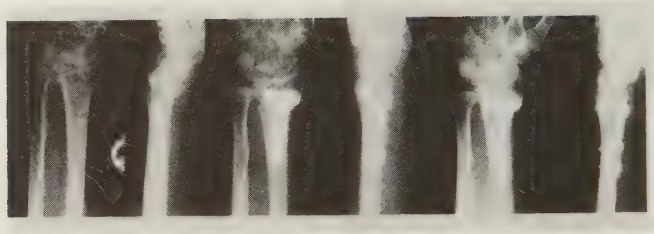


Abb. 22
Relativer Ellenvorschub nach einer in Fehlstellung verheilten Smith-Fraktur. Prä- und postoperative Röntgenbilder zum Vergleich.

Trotz eines röntgenologisch sichtbaren Erfolges durch die Aufrichtungsosteotomie kann das funktionelle Endergebnis dem röntgenologischen Befund erheblich widersprechen. Diese Diskrepanz zwischen anatomischem und funktionellem Bild ist eine in der Literatur häufig beschriebene Tatsache (24,40,52,62,64), jedoch ist es bisher nicht gelungen, dafür eine Erklärung zu finden.

Auch im vorliegenden Patientenkollektiv besteht in einigen Fällen ein deutliches Mißverhältnis zwischen dem röntgenologischen und funktionellen Endergebnis. Die Bedeutung der Genauigkeit der anatomischen Rekonstruktion (entsprechend den postoperativen Röntgenaufnahmen) für das funktionelle Endergebnis wird unter III,4.5 näher beschrieben.

3.2 Objektive funktionelle Bewertung

Wie allgemein bekannt, findet sich prä- wie postoperativ nicht selten trotz eines röntgenologisch unbefriedigenden Resultats ein funktionell überraschend gutes Ergenis - und umgekehrt. Neben dem röntgenologischen Befund war also die objektive Beurteilung des postoperativen Bewegungsausmaßes von zumindest gleicher Aussagekraft.

Differenz zur Gegenseite	10-19°	20-29°	30-39°	40-49°	50-59°	60-69°	70-79°	80-89°	Summe	% aller Patienten
	Anzahl der Fälle									
Pronation	-	1	-	-	1	1	-	-	3	8
Supination	4	5	2	2	-	2	3	1	19	50
Dorsalflexion	1	7	9	2	1	-	1	-	21	55
Volarflexion	7	12	6	6	1	-	-	-	32	84
Radialabduktion	8	1	-	1	-	-	-	-	10	26
Ulnarabduktion	9	11	1	2	-	-	-	-	23	61

Tab. X. Postoperative Einschränkung des Bewegungsausmaßes im Vergleich zur gesunden Seite

Grundlage für die Bewertung der postoperativ bestehenden Beweglichkeit im Handgelenk und distalen Unterarm war jeweils die Differenz zur "gesunden Seite". Es wurden die Bewegungsausmaße bei Supination und Pronation, bei Dorsal- und Volarflexion sowie bei Radialadduktion und Ulnarabduktion gemessen. Differenzen von weniger als 10° im Vergleich zur Gegenseite wurden nicht registriert.

Wie aus den Tabellen X und XI ersichtlich ist, bestand - entsprechend der häufigsten Frakturform - auch noch postoperativ bei den meisten Patienten eine Bewegungseinschränkung nach volar.

post-op. Bewegungs-minderung bei	Fraktur-Typ		
	Colles-Fraktur	Smith-Fraktur	Trümmer-Fraktur
Pronation (+)	3		
Supination	14 (28)	2 (6)	3 (4)
Dorsalflexion	14 (28)	3 (6)	4 (4)
Volarflexion	25 (28)	3 (5)	4 (4)
Radialadduktion	7 (28)	1 (6)	2 (4)
Ulnarabduktion	17 (28)	2 (6)	4 (4)

Tab. XI. Postoperative Bewegungseinschränkung im Vergleich zum Fraktur-Typ - in Klammern dahinter die Angaben der Patienten zum präoperativen Zustand

Damit ergibt sich, daß durch die Aufrichtungsosteotomie zwar eine anatomische aber nur selten eine vollständige funktionelle Korrektur erreicht werden kann.

Zur richtigen Interpretation der postoperativ noch bestehenden Bewegungseinschränkung bedarf es jedoch eines gemeinsamen Maßstabes für den prä- und

postoperativen Funktionszustand. In Anlehnung an die Werte aus Tabelle III wurde folgende Einteilung gewählt:

unbeeinträchtigte Funktion =	Differenz im Bewegungsausmaß zur "gesunden Seite" < 10°
leichte Behinderung =	Differenz 10° - 29°
mäßige Behinderung =	Differenz 30° - 49°
starke Funktionseinbuße =	Differenz 50° - 69°
aufgehobene Funktion =	Differenz 70° - 90°

Aus Tabelle XII ergibt sich somit die entsprechende Wertung des postoperativen Ergebnisses.

Wie schon die Resultate aus den vorgenannten Tabellen zeigten, ist im Vergleich zu den anderen Bewegungsrichtungen am häufigsten die Volarflexion reduziert, doch hat sich das relative Bild im Verhältnis zum präoperativen Zustand erheblich gewandelt: nur noch ein Patient weist postoperativ diesbezüglich eine starke Funktionsbehinderung auf, während diese Zahl präoperativ noch bei 16 lag, und weitere zehn Patienten ihre Hand überhaupt nicht mehr nach volar beugen konnten. Postoperativ zeigte sich bei 12 Patienten eine "mäßige Behinderung" (dies entspricht einer Differenz von 30° - 49° zur "gesunden Seite"), bei weiteren 19 Patienten nur noch eine "leichte" (Differenz von 10° - 29°) Behinderung in der Volarflexion, in 6 Fällen wurde sogar eine der gesunden Seite vergleichbare Funktion erreicht. Somit konnte letztendlich bei nahezu allen Patienten eine Verbesserung der Volarflexion erzielt werden, was angesichts der zahlenmäßig so stark vertretenen Colles-Fraktur von besonderer Bedeutung ist. Das beste Ergebnis brachte die Korrek-

DIFFERENZ zur GEGENSEITE	unbeeinträchtigte Funktion = 0°-9°		leichte Behinderung = 10°-29°		mäßige Behinderung = 30°-49°		starke Funktionseinbuße = 50°-69°		aufgehobene Funktion = 70°-90°	
	Anzahl der Fälle									
	prä-op.	post-op.	prä-op.	post-op.	prä-op.	post-op.	prä-op.	post-op.	prä-op.	post-op.
Pronation	-	35	-	1	4	2	14	-	20	-
Supination	-	19	-	9		4		2		4
Dorsalflexion	-	17	5	8	9	11	17	1	7	1
Volarflexion	1	6	2	19	9	12	16	1	10	-
Radialadduktion	-	28	3	9	7	1	19	-	9	-
Ulnarabduktion	-	15	2	20	7	3	20	-	9	-

Tab. XII. Vergleich des präoperativen mit dem postoperativen Funktionszustand

turosteotomie hinsichtlich der Umwendbewegungen in Unterarm und Handgelenk. Die präoperativen Zahlen in Tab. XII wurden für Pro- und Supination zusammenfassend angegeben, da den Patienten nur noch anhand von Beispielen (Schrauben anziehen, Lappen wringen) das Ausmaß ihrer Bewegungseinschränkung erinnerlich wurde, exakte Angaben aber nicht mehr möglich waren. Vor dem Eingriff konnten 20 Patienten Pro- und Supination nicht mehr durchführen, 14 Patienten nur noch in geringem Umfang und die übrigen vier Patienten nur mit beträchtlichen Einschränkungen. Postoperativ erwies sich bei 35 Patienten (= 90%) die erreichte Beweglichkeit bei der Pronation der Gegenseite ebenbürtig (< 10° Differenz); 19 Patienten zeigten eine uneingeschränkte Supination und weitere neun nur eine leichte Behinderung bei dieser Bewegung. Bei sechs Patienten konnte diese Funktion durch die Korrekturosteotomie nur wenig (2) oder gar nicht (4) gebessert werden, wohingegen bezüglich der Pronation kein Patient mehr ähnlich gravierende Beschwerden äußerte.

Ebenso positiv zeigen sich die durch den Korrektureingriff erreichten Ergebnisse bei der Radialadduktion und Ulnarabduktion. Nahezu identisch sind die Zahlen des präoperativen Zustandes, die für nahezu 75% aller Patienten eine stark eingeschränkte bis aufgehobene Funktion ausweisen. Postoperativ liegen die erzielten Ergebnisse für die radiale Adduktion erheblich besser: 28 Patienten (= 74%) zeigten nun eine funktionell einwandfreie Adduktion, neun weitere Patienten wiesen eine Einschränkung von weniger als 29° im Vergleich zur Gegenseite auf, und in nur noch einem Fall bestand eine mäßige Behinderung dieser Funktion. Nicht ganz so erfolgreich wirkte sich die Korrekturosteotomie für die Beweglichkeit der Hand nach ulnar aus: 15 Patienten (= 39%) zeigten eine der "gesunden Seite" vergleichbare Funktion, 20 Patienten (= 53%) wiesen eine leichte Behinderung bei dieser Bewegung auf, und die verbliebenen drei Patienten zeigten Differenzen bis zu 49° im Vergleich mit

der "gesunden Seite".

Wie bei der Volarflexion, so spiegeln auch die Zahlen der ulnaren Abduktion die übermäßige Repräsentation der Colles-Fraktur wider. Durch die posttraumatisch entstandene Abkippung der distalen Gelenkfläche nach dorsal und radial waren bei den "konträren" Bewegungen, der Volarflexion und Ulnarabduktion, präoperativ besonders häufig entsprechende Beschwerden vorhanden und auch durch den korregierenden Eingriff nicht immer zu beheben. Hier blieben zahlenmäßig die häufigsten Funktionsbehinderungen wenn auch nur mäßigen Umfangs zurück, wohingegen bei Dorsalflexion und radialer Adduktion durch die Korrekturosteotomie leichter eine annähernd normale Funktion zu erreichen war.

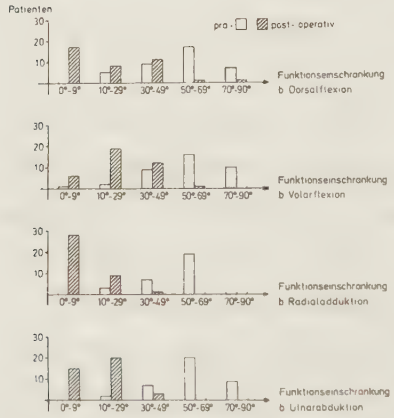


Abb. 23

In Abb.23 zeigt sich deutlich die Verlagerung der postoperativen Werte in Bereiche, die der Patient nur noch als leichte oder gar keine Behinderung mehr empfindet. Auf den prä- bzw. postoperativen Vergleich von Pro- und

Supination mußte aus dem o.a. Grund verzichtet werden, doch kann aus Tabelle XII auf das entsprechende Ergebnis rückgeschlossen werden.

3.3. Postoperative Begleitkomplikationen

Die Berücksichtigung bestehender Begleitkomplikationen vor der Aufrichtungsosteotomie war in manchen Fällen ein Abwägen zwischen der möglichen Gefahr einer Verschlimmerung und der Aussicht, mit der Korrekturosteotomie auch zugleich die bestehenden Sekundärschäden zu beheben.

Die in vielen Fällen präoperativ beginnende oder bereits bestehende Arthrose und Entkalkung der beteiligten und benachbarten Knochenstrukturen bildete sich in den meisten Fällen durch die postoperative erhebliche Verbesserung der Beweglichkeit zurück (s.a. III,2.3.1). Neben dieser bei den meisten Patienten präoperativ bestehenden Beeinträchtigung war es bei sechs Patientinnen zu einem Sudeck'schen Syndrom mittleren Schweregrades gekommen, bei einer Patientin bestand ein Carpaltunnelsyndrom und bei zwei Patienten eine Ruptur der Sehne des Musc. extensor pollicis longus (s.a. III,2.3).

Nach der Aufrichtungsosteotomie zeigte sich, daß bei allen sechs Patientinnen die präoperativ bestehende Sudeck'sche Symptomatik zurückgegangen war. Dies ist vermutlich auf die anatomische Rekonstruktion des distalen Radiusendes und des distalen radioulnaren Gelenks zurückzuführen, wodurch eine wesentliche Verbesserung der Beweglichkeit in dieser Zone erreicht wurde. Mit der funktionellen Verbesserung kam es - bedingt durch die nun erhöhte Durchblutung der abhängigen Muskulatur und der nervalen Versorgung - auch zu einer erheblichen Verbesserung der Trophik. Trotz der weitgehenden Unklarheit über den Pathomechanismus des Sudeck'schen Syndroms ist wohl die erreichte Verbesserung von Funktion und Trophik als wesentlicher Faktor

für den Rückgang der Symptomatik anzusehen. Gleichwohl beinhaltet aber auch der operative Eingriff selbst durch zusätzliche Weichteilschädigung und Nervenläsion die Gefahr einer Sudeck'schen Erkrankung. So kam es bei einem 20jährigen postoperativ erstmals zu einem entsprechenden klinischen Bild; zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung (18 Monate post operationem) zeigte sich bei diesem Patienten noch der typische äußere Aspekt eines Sudeck'schen Syndroms und eine gewisse Funktionseinschränkung, doch war inzwischen Schmerzfreiheit erreicht worden.

Ebenfalls durch die Korrekturosteotomie provozierbar, jedoch ungleich leichter zu beheben, ist das Carpaltunnelsyndrom. Der N. medianus wird in seinem allseits eng begrenzten Verlauf unter dem Retinaculum flexorum hindurch leicht durch die intraoperative mechanische Traumatisierung, durch die folgende Oedembildung sowie durch postoperative Bindegewebsproliferation geschädigt. Bei einer Patientin bestand bereits präoperativ ein Carpaltunnelsyndrom, bedingt durch die gleichwohl für eine Fraktur geltenden o.a. Faktoren, postoperativ zeigte sich bei fünf Patienten die entsprechende Smptomatik. Es erscheint müßig darüber zu diskutieren, ob eine Korrekturosteotomie allein auslösend oder nur additiv für ein Medianus-Kompressionssyndrom wirksam ist, auch läßt sich anhand der wenigen betroffenen Patienten keine gültige Folgerung ableiten, doch sollte auf diese Koinzidenz in Zukunft geachtet werden.

Ein weitere, nicht seltene Begleitkomplikation ist die Ruptur der langen Daumenstrecksehne. Durch ihren Verlauf über das distale Radiusende durch das dritte Sehnenfach mit Insertion an der Basis der Endphalanx des Daumens, ist sie besonderer mechanischer Beanspruchung sowohl bei einer Fraktur als auch bei einer Korrekturosteotomie des distalen Radiusendes ausgesetzt. So bestand bei zwei Patienten präoperativ ein entsprechender Funktionsverlust, der in beiden Fällen durch Indicesplastik erfolgreich behoben werden konnte.

Postoperativ, nach Korrektur einer Smith-II-Fraktur, rupturierte bei einem Patienten die Sehne des Musc. extensor pollicis longus; drei weitere Patienten klagten bei der Kontrolluntersuchung über Schmerzen im Sehnenverlauf bei der Daumenabspreizung. Es ist anzunehmen, daß es sich hierbei um eine Herabsetzung der Sehnengleitfähigkeit handelte als Folge postoperativer exsudativer und proliferativer Prozesse.

Ebenfalls durch den operativen Eingriff kann es zu einer Schädigung im Verlauf des Ramus superficialis des N. radialis kommen, der vom distalen Radiusbereich ausgehend mit seinen Ästen die Haut des lateralen Handrückens und der zweieinhalb radialen Finger bis zum Mittelglied sensibel innerviert. Naturgemäß ist die intraoperative Verletzung dieses Nerven bei der Korrekturosteotomie der Colles-Fraktur im besonderen Maß gegeben, da hierbei der Zugang von dorsal vorgenommen wird. Ein Sensibilitätsverlust im o.a. Versorgungsgebiet des Nerven fand sich postoperativ bei drei Patientinnen mit vormaliger Colles-Fraktur; es bestand jedoch aufgrund der Mitinnervation aus benachbarten Arealen kein vollständiger Ausfall der sensiblen Nervenfunktion, sondern lediglich eine deutliche Differenz in der Reaktion auf Berührungsreize im Vergleich zur "gesunden Seite".

Schließlich traten bei einigen Patienten postoperativ Osteomyelitiden an der Stelle des entnommenen Beckenkammspans, der Spina iliaca anterior superior, oder im Bereich der Korrekturosteotomie auf. Bei drei Patienten zwischen 25 und 31 Jahren, alle mit präoperativ gutem Allgemeinbefinden, entwickelte sich eine durch Staphylococcus aureus bedingte Osteomyelitis im Bereich der fixierenden T-Platte. Bei zwei dieser Patienten mußte das Metall vorzeitig entfernt werden; in allen drei Fällen aber zeigte die röntgenologische und funktionelle Abschlußuntersuchung ein gutes Ergebnis. Drei weitere Patienten entwickelten postoperativ eine Osteomyelitis im Bereich der Spanentnahme am

Beckenkamm, bei zwei anderen Patienten kam es zu beständigen Parästhesien im Bereich des R. cutaneus lateralis des N. iliohypogastricus und im Ausbreitungsgebiet der Äste des N. cutaneus femoris lateralis. Diese insgesamt eher seltene Auswirkung einer Beckenkammspanentnahme beruht auf intraoperativer Kompression der Nervenäste oder auf postoperativer Bindegewebsproliferation in diesem Bereich.

Zusammenfassend läßt sich über die Neuentstehung, Verminderung oder Progredienz der spezifischen Begleitkomplikationen feststellen, daß gerade bei präoperativ gravierenden Störungen der Trophik sowie bei beginnender Arthrose durch die Korrekturosteotomie ein Doppelerfolg erzielt werden kann. Dagegen scheint der operative Eingriff im Handgelenksbereich die Gefahr eines Kompressionssyndroms wesentlich zu erhöhen, und bei der Korrektur einer Colles-Fraktur ist die mögliche Verletzung des R. superficialis n. radialis nicht zu unterschätzen.

Trozt des relativ jungen Verfahrens und der begrenzten Patientenzahl kann aus den vorliegenden Ergebnissen geschlossen werden, daß bei sorgfältiger aber flexibler Indikationsstellung vorbestehende Begleitkomplikationen oft durch die Aufrichtungsosteotomie behoben und postoperative Komplikationen in Art und Ausmaß gering gehalten werden können.

3.4 Subjektive Bewertung (Schmerz- und Funktionszustand, Deformität)

Das postoperative subjektive Beschwerdebild das der Patient von dem Ergebnis der Korrekturosteotomie zeichnet, wird von einigen Faktoren beeinflußt, die zu einer erheblichen Diskrepanz gegenüber dem objektiven Befund führen können. So wirkt sich der Beruf des Patienten (Handwerker/Beamter) ebenso wie ein evt. bestehendes Rentenbegehren auf die subjektive Beurteilung des postoperativen Zustandes aus, zudem beeinflussen die individuelle Schmerz-

empfindlichkeit, die Primärpersönlichkeit, das Alter und additiv sich auswirkende Probleme die Aussagen des Patienten.

Ausschlaggebend für eine positive Beurteilung des Operationserfolges war die im Idealfall erreichte Schmerzfreiheit und eine Verbesserung der Hangelenksfunktion; weniger bedeutsam war die kosmetische Korrektur der äußerlich sichtbaren Fehlstellung.

Zunächst wurde der Bereich des distalen Radius und der angrenzenden Gelenke auf Druck-, Klopf- und Stauchungsempfindlichkeit geprüft. Dabei waren 47% aller Patienten (= 18) beschwerdefrei, 4 Patienten, bei denen eine postoperativ entstandene Styloiditis radii bzw. ulnae bekannt war, gaben entsprechende Schmerzen in diesem Bereich an, von den übrigen 16 Patienten zeigten jeweils acht eine geringe bzw. deutliche Schmerzempfindlichkeit. 42% aller Patienten konnten auch postoperativ die o.a. Bewegungsrichtungen (nach radial, ulnar, volar oder dorsal, sowie Pro-/Supination) nicht schmerzfrei ausführen, sodaß sie naturgemäß die entsprechenden Bewegungen auf ein erträgliches Ausmaß reduzierten. Nahezu jeder zweite Patient empfand noch Schmerzen bei der Pro- und Supination, obwohl sich das funktionelle Ergebnis gerade bei dieser Bewegung durch den Korrektureingriff besonders gebessert hatte. Es ist anzunehmen, daß vor allem Adhäsivprozesse an der Membrana interossea und Veränderungen im distalen Radioulnargelenk für diese Beschwerden verantwortlich sind.

Die meisten Patienten (82%) waren bei Nichtbeanspruchung der Hand, also in Ruhe, beschwerdefrei; bei jenen verbliebenen 18%, die über Ruheschmerzen klagten, bleibt jedoch zu bedenken, daß bei nahezu der Hälfte von ihnen ein postoperativ entstandenes Carpaltunnelsyndrom vorlag.

Insgesamt 71% aller Patienten klagten über Beschwerden bei Belastung des distalen Unterarms durch Tragen und Heben, doch traten bei jedem zweiten

von ihnen die Schmerzen erst nach längerer Belastung (5 - 10 Minuten) auf. Absolut schmerzfrei, sowohl in allen Bewegungsrichtungen als auch bei Dauerbelastung, waren postoperativ 11 (= 29%) der Patienten.

Zusammenfassend sollten die Betroffenen ihre postoperativ bestehenden Beschwerden der in Tabelle XIII angegebenen Bewertung zuordnen (dabei entschieden sich zwei Patienten, die nur bei Dauerbelastung des betroffenen Gelenks Schmerzen empfanden für die Gesamtbeurteilung: schmerzfrei). In Klammern daneben findet sich die präoperative subjektive Bewertung zum Vergleich.

	Anzahl der Fälle	%
keine Schmerzen	13 (2)	34 (5)
leichte Schmerzen	14 (7)	37 (18)
mäßige Schmerzen	5 (8)	13 (21)
starke Schmerzen	6 (12)	16 (32)
sehr starke Schmerzen	- (9)	- (24)
Gesamt	38 (38)	100 (100)

Tab. XIII. Postoperativer Schmerzzustand - in Klammern die präoperativen Werte

Daraus ergibt sich, daß durch die Stellungsverbesserung des distalen Radius und Radioulnargelenks mehr als zwei Drittel aller Patienten (71%) schmerzfrei wurden oder jetzt nur noch leichte Schmerzen empfinden, wohingegen präoperativ 56% der Patienten unter starken bis extremen Schmerzen litten.

	Fraktur-Form					
	Colles-Fraktur		Smith-Fraktur		Trümmer-Fraktur	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
keine Schmerzen	9 (1)	32 (3)	2 -	33 (-)	2 (1)	50 (25)
leichte Schmerzen	12 (5)	43 (18)	2 (1)	33 (17)	- (1)	- (25)
mäßige Schmerzen	4 (7)	14 (25)	- (1)	- (17)	1 (-)	25 (-)
starke Schmerzen	3 (10)	11 (36)	2 (2)	33 (33)	1 (-)	25 (-)
sehr starke Schmerzen	- (5)	- (18)	- (2)	- (33)	- (2)	- (50)
Gesamt	28 (28)	100 (100)	6 (6)	100 (100)	4 (4)	100 (100)

Tab. XIV. Postoperativer Schmerzzustand in Bezug auf die Fraktur-Form in Klammern die präoperativen Werte

Die größte und häufigste Reduzierung des präoperativen Schmerzzustandes konnte durch die Korrekturosteotomie der Colles-Frakturen erreicht werden (Tab. XIV). Ähnlich gute Ergebnisse zeigen sich auch nach der Korrektur der Smith-Frakturen, wohingegen bei den Trümmerfrakturen nur eine begrenzte Verbesserung erzielt werden konnte. Auf die möglichen Auswirkungen der präoperativ bestehenden Frakturform auf das postoperative Ergebnis wird unter III,4.3 näher eingegangen.

Der postoperative Schmerzzustand war für die meisten Patienten der subjektiv wichtigste Faktor bei der Beurteilung des Korrekturergebnisses, doch hatten sie sich von der Aufrichtungsosteotomie vor allem eine grundlegende Verbesserung der Beweglichkeit im distalen Unterarm und Handgelenksbereich versprochen. Immerhin bezeichneten 66% der Betroffenen die präoperative Beweglichkeit als stark eingeschränkt oder nahezu aufgehoben; postoperativ waren es nur noch 13% aller Patienten, die sich derartig behindert fühlten (Tab. XV).

	Anzahl der Fälle		%	
keine Funktionsminderung	5	(-)	13	(-)
leichte Behinderung	17	(3)	45	(8)
mäßige Behinderung	11	(10)	29	(26)
starke Funktionseinbuße	4	(14)	10	(37)
sehr starke Funktionseinbuße	1	(11)	3	(29)
Gesamt	38	(38)	100	(100)

Tab. XV. Subjektive Bewertung der postoperativen Funktionsminderung dahinter in Klammern die präoperativen Werte

	Fraktur-Form					
	Colles-Fraktur		Smith-Fraktur		Trümmer-Fraktur	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
keine Funktionsminderung	3 (-)	11 (-)	1 (-)	17 (-)	1 (-)	25 (-)
leichte Behinderung	14 (1)	50 (3)	3 (2)	50 (33)	- (-)	- (-)
mäßige Behinderung	8 (8)	29 (29)	1 (1)	17 (17)	2 (1)	50 (25)
starke Funktionseinbuße	2 (12)	7 (43)	1 (1)	17 (17)	1 (1)	25 (25)
sehr starke Funktionseinbuße	1 (7)	3 (25)	- (2)	- (33)	- (2)	- (50)
Gesamt:	28 (28)	100 (100)	6 (6)	100 (100)	4 (4)	100 (100)

Tab. XVI. Subjektive Bewertung der postoperativen Funktion im Vergleich mit der Frakturform - in Klammern dahinter die präoperativen Werte

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung gaben 58% der Befragten an, keine oder nur noch eine leichte Funktionsbehinderung gegenüber der "gesunden Seite" zu empfinden.

Tabelle XVI zeigt, daß sich nach Aufrichtungsosteotomie deform verheilter Colles- und Smith-Frakturen etwa gleich häufig eine subjektiv gute Funktionsverbesserung erzielen läßt; die Korrektur deform verheilter Radiustrümmerfrakturen führte nur in einem der vier Fälle zu einem sehr guten Ergebnis, bei den anderen drei Patienten konnte eine begrenzte funktionelle Verbesserung erreicht werden.

Durch die Aufrichtungsosteotomie am distalen Radius wird mit Begradigung des nach dorsal bzw. volar gekippten, distalen Fragments zumeist auch eine erhebliche Verbesserung der äußerlich sichtbaren Deformität erreicht. So bezeichneten vierzehn Patienten (= 37%) das kosmetische Ergebnis als sehr gut, sechzehn weitere (= 42%) waren mit der erreichten Verbesserung zufrieden, drei Patienten (= 8%) empfanden das optische Resultat als mäßig, und fünf der Befragten (= 13%) bezeichneten die postoperative Fehlstellung als unverändert schlecht.

Vergleicht man die subjektive Bewertung der präoperativen (s.a. unter III,2.2) mit der postoperativ noch bestehenden, äußeren Deformierung, so ergibt sich auch hier (wie schon zuvor bezüglich des Schmerz- und Funktionszustandes) eine erhebliche Verbesserung:

präoperativ:

ohne Deformierung des distalen Radius:	2 Patienten
mäßige Deformierung:	4 Patienten
starke Deformierung:	16 Patienten
extreme Deformierung:	16 Patienten

postoperativ:

sehr gutes kosmetisches Ergebnis:	14 Patienten
gutes Ergebnis:	16 Patienten
mäßige Verbesserung:	3 Patienten
unverändert:	5 Patienten

Selbst wenn man berücksichtigt, daß aufgrund der individuellen Voraussetzungen die subjektive Beurteilung des postoperativen Ergebnisses von Schmerzzustand, Funktion und Deformität sehr unterschiedlich ausfallen kann, so ist doch anhand der o.a. Zahlen und von Abb. 24 zu sehen, daß durch die Aufrichtungsosteotomie hinsichtlich der genannten Faktoren eine deutliche Verbesserung bis Normalisierung erreicht wurde.

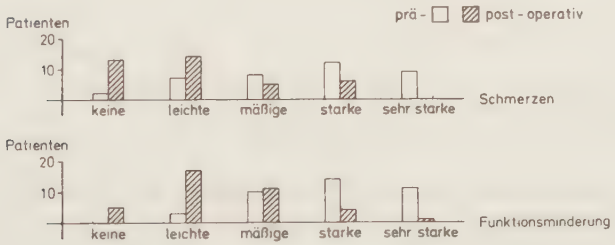


Abb. 24

Dies spiegelt sich auch in dem überwiegend positiven Gesamturteil der Patienten über das Operationsergebnis wider. Knapp ein Drittel der Patienten (32%) bezeichnet den Eingriff als "vollen Erfolg", 21% sprechen von einem "guten Ergebnis", und weitere 16% sind "mit dem Resultat zufrieden". Enttäuscht in ihren Erwartungen sahen sich 31% (= 11) der Patienten, da sie insgesamt keine bedeutende Verbesserung im Vergleich zu ihren präoperativen

Beschwerden entdecken konnten. Bei den meisten von ihnen war das negative Gesamturteil zu begründen: in je zwei Fällen bestand eine Styloiditis radii bzw. ulnae, in zwei weiteren Fällen eine schmerzhafte Insuffizienz der Daumenstrecksehne, bei drei Patienten lag eine ausgeprägte Arthrose vor, und bei einer Patientin hatte das postoperative Carpaltunnelsyndrom zu Dauerschmerzen geführt. Nur bei zwei Patienten konnte sich keine Ursache für den "erfolglosen Eingriff" finden lassen, zumal der röntgenologische Befund wie auch das objektive, funktionelle Ergebnis unauffällig waren.

Auch hinsichtlich der subjektiven Gesamtbeurteilung des Operationserfolges zeigt sich eine gewisse Korrelation mit der präoperativen Frakturform. 79% der Patienten mit vorbestehender Colles-Fraktur bezeichneten das Resultat als "ausgezeichnet", "gut" oder "zufriedenstellend", wohingegen 50% der Patienten mit Trümmerfrakturen keinen Erfolg durch die Korrekturosteotomie sahen.

Näheres über die Abhängigkeit des Endergebnisses von der Frakturform findet sich unter III,4.3.

3.5. Auswirkungen auf die berufliche Situation des Patienten

Bekanntlich machen distale Radiusfrakturen nicht selten eine längerfristige Berentung der Betroffenen notwendig (27). Weitaus gravierender sind die Auswirkungen auf die berufliche Situation des Patienten nach einem in Fehlstellung verheilten distalen Speichenbruch mit Sekundärschädigung des Radioulnargelenks, schmerzhafter Funktionseinschränkung und nachfolgender Arthrose. Vor allem manuell Tätige sehen sich nicht selten gezwungen, ihren Beruf aufzugeben oder zumindest eine entlastende Umschulung zu erreichen. Hier kann durch die Korrekturosteotomie oft eine erhebliche Verbesserung der Handgelenksfunktion und somit der beruflichen Situation der Betroffenen erreicht werden.

Knapp 29 % aller Patienten (= 11) des vorliegenden Kollektivs konnten aufgrund der posttraumatischen Fehlstellung mit Folgeschäden ihren Beruf nicht mehr ausüben, weitere 34 % (= 13 Pat.) fühlten sich in ihrer beruflichen Tätigkeit durch die schmerzhafte Funktionseinschränkung stark behindert.
Postoperativ hatten 8 % der Patienten (= 3) ihren Beruf nicht wieder aufgenommen, eine von ihnen war aber zum Zeitpunkt der Korrekturosteotomie bereits 62 Jahre alt. Das postoperative Gesamtergebnis dieser drei Patienten muß nach den unter III,4. genannten Kriterien als schlecht (2 Pat.) bzw. mäßig (1 Pat.) beurteilt werden.
Drei weitere Patienten (= 8 %), deren postoperatives Ergebnis sich als gut (1) bzw. mäßig (2) darstellt, waren gezwungen, ihren Beruf nach der postoperativ noch bestehenden Behinderung auszurichten. Die beiden jungen Patienten mit mäßigem Gesamtergebnis wechselten ihr Studienfach, der 48jährige frühere Installateur übernahm eine weniger beanspruchende Tätigkeit. Somit bestanden bei 26 der 38 Patienten (= 63 %) präoperativ gravierende Behinderungen bei der Ausübung des Berufes oder der gewohnten täglichen Arbeit. Demgegenüber steht eine weitaus geringere postoperative Anzahl von nur sechs Patienten (= 16 %), die sich in diesem Ausmaß in ihrem Beruf behindert fühlten. Zusammenfassend läßt sich aus den vorliegenden Zahlen ableiten, daß durch die Aufrichtungsosteotomie für die meisten Patienten auch eine weitgehende berufliche Rehabilitation erreicht wird.

4. Analyse möglicher Einflussfaktoren auf das Endergebnis

Klassifizierung der Endergebnisse

Für die Beurteilung des postoperativen Resultats stehen einerseits die objektiven, klinischen Befunde andererseits die subjektiven Aussagen des Patienten zur Verfügung. Beide Bewertungen können erheblich voneinander abweichen, da

das subjektive Urteil von Faktoren wie Alter, Beruf, Geschlecht und Persönlichkeit des Patienten abhängig ist.

So galt es eine Einteilung zu finden, die sowohl den objektiven Befund als auch das subjektive Urteil berücksichtigt, sodaß eine Unter- oder Überbewertung des Endergebnisses weitgehend vermieden wird. Da sich bekanntlich der röntgenologische Befund des öfteren weder mit dem funktionellen, noch mit dem subjektiven oder objektiven Endresultat vereinbaren läßt (s.a. III,3.1.), wurde auf seine Einbeziehung in die Klassifizierung der Endergebnisse verzichtet. Diese Einteilung der Ergebnisse erfolgte in vier Gruppen:

1. Ausgezeichnetes Ergebnis:
   - Unbeeinträchtigte Funktion im Handgelenk
   - keine subjektiven Symptome
   - keine äußerlich sichtbare Deformität
   - Verlust der Dorsal- (bei Smith-Fraktur), bzw. Palmarflexion (bei Colles-Fraktur) nicht über 15°

2. Gutes Ergebnis:
   - Beeinträchtigung der Flexion im Handgelenk unter 30° im Vergleich zur Gegenseite
   - geringe subjektive Symptome
   - leichte Deformität vorhanden
   - Schmerzen nach extremer bzw. Dauerbelastung

3. Mäßiges Ergebnis:

Dorsal- bzw. Palmarflexion um 30° und 50°
im Vergleich zur Gegenseite eingeschränkt

- subjektive Symptome
- deutliche Deformität vorhanden
- leichte Schmerzen

4. Schlechtes Ergebnis:

- Stark eingeschränkte Handgelenksfunktion,
  Dorsal- bzw. Palmarflexion um mehr als 50° reduziert
- ausgeprägte subjektive Symptome
- starke Deformität vorhanden
- Dauerschmerz

	Anzahl der Fälle	%
Ausgezeichnete Ergebnisse	10	26
Gute Ergebnisse	16	42
Mäßige Ergebnisse	10	26
Schlechte Ergebnisse	2	5
Gesamt:	38	100

Tab. XVII. Klassifizierung der Endergebnisse

Die Endresultate sind in Tabelle XVII wiedergegeben. In einigen Fällen ließ sich anhand der o.a. Kriterien keine eindeutige Zuordnung vornehmen; entscheidend für die Zuteilung zu einer der vier Gruppen waren dann zusätzliche

klinische und subjektive Faktoren. Nachdem nicht wenige Patienten auch postoperativ noch über Funktionsbehinderung und Schmerzen klagten, erscheint es für zukünftige Eingriffe notwendig zu untersuchen, bis zu welchem Ausmaß individuelle Faktoren das Endergebnis beeinflussen können.

Da bei dem vorliegenden Patientenkollektiv der jeweiligen Frakturform entsprechend stets die gleiche operative Technik angewandt wurde, ist ein direkter Zusammenhang zwischen dem operativen Vorgehen und dem vorliegenden Endresultat auszuschließen. Die Analyse möglicher Einflußfaktoren auf das Endergebnis konzentriert sich somit auf variierende Voraussetzungen wie Alter, Geschlecht, Frakturtyp, Fraktur des Proc. styl. ulnae, vorbestehende Komplikationen und zeitliche Einflußgrößen.

4.1. Alter

Die Beziehung zwischen dem Endergebnis und dem Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Korrekturosteotomie ist in Tabelle XVIII und Abb. 25 wiedergegeben.

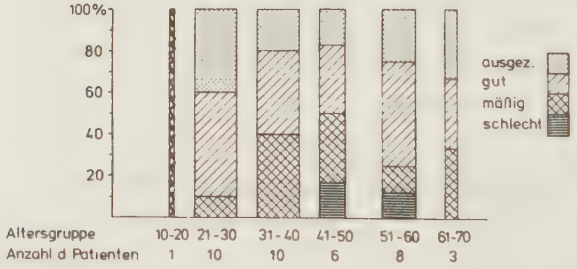


Abb. 25

Über die Altersgruppe unter 20 Jahren läßt sich natürlich anhand des einen Ergebnisses keine Analyse machen; das mäßige Resultat bei diesem Patienten

	ALTER												
	10 - 20		21 - 30		31 - 40		41 - 50		51 - 60		61 - 70		
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Gesamtzahl der Fälle
ausgezeichnete Ergebnisse	-	-	4	40	2	20	1	17	2	25	1	33,3	10
gute Ergebnisse	-	-	5	50	4	40	2	33	4	50	1	33,3	16
mäßige Ergebnisse	1	100	1	10	4	40	2	33	1	12,5	1	33,3	10
schlechte Ergebnisse	-	-	-	-	-	-	1	17	1	12,5	-	-	2
Gesamt:	1	100	10	100	10	100	6	100	8	100	3	100	38

Tab. XVIII. Endergebnisse im Verhältnis zum Alter der Patienten

muß zudem in Verbindung gebracht werden mit dem postoperativ entstandenen Sudeck'schen Syndrom (nach bereits posttraumatisch ausgedehnter Weichteilschädigung). Aussagekräftiger sind die folgenden Altersgruppen: die besten Ergebnisse finden sich bei den 21-30jährigen Patienten, wo in 90 % der Fälle ein ausgezeichnetes oder gutes Resultat erzielt wurde. In der Altersgruppe der 31-40jährigen wurde nur noch bei 50 % der Patienten ein positives Gesamturteil erreicht, wohingegen bei 33 % ein mäßiger und bei 17 % sogar ein schlechter Befund erhoben wurde. Überraschenderweise liegen bei den höheren Altersgruppen keine zunehmend schlechteren Ergebnisse vor, wie es anhand der in den vorherigen Altersgruppen erhaltenen Zahlen zu vermuten wäre. Vielmehr liegen bei den 51-60jährigen Patienten in 75 % der Fälle gute oder sehr gute Resultate vor, in der höchsten Altersgruppe wurde dieses Ergebnis bei 66 % der Patienten erreicht. Trotz der geringen Patientenzahl in dieser Gruppe zeigt der positive Befund, daß ein relativ hohes Alter nicht unbedingt als Kontraindikation der Aufrichtungsosteotomie angesehen werden muß.
Insgesamt kann aus den vorliegenden Ergebnissen nur bedingt auf eine Korrelation zwischen dem Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Korrekturosteotomie und dem Endresultat geschlossen werden. Die positiven Ergebnisse der jungen Patienten weisen auf einen engen Zusammenhang hin, doch zeigen die relativ guten Resultate, die bei den älteren Jahrgängen erreicht wurden, daß sich (entgegen den Erwartungen) die postoperativen Ergebnisse nicht mit zunehmendem Alter verschlechtern.

4.2. Geschlecht

Wie aus Tabelle XIX und Abb. 26 hervorgeht, wurde bei den Patientinnen durch die Aufrichtungsosteotomie sehr viel häufiger (36 %) Schmerzfreiheit

und ein ausgezeichnetes funktionelles Ergebnis erreicht als bei den männlichen Patienten (13 %).

	Männer		Frauen		Gesamtzahl
	Anzahl	%	Anzahl	%	der Fälle
ausgezeichnete Ergebnisse	2	13	8	36	10
gute Ergebnisse	9	56	7	32	16
mäßige Ergebnisse	4	25	6	27	10
schlechte Ergebnisse	1	6	1	5	2
Gesamt:	16	100	22	100	38

Tab. XIX. Endergebnisse im Verhältnis zum Geschlecht der Patienten

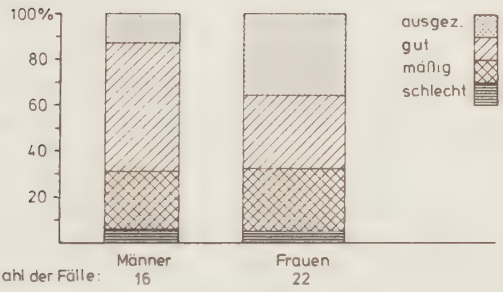


Abb. 26

Gute Ergebnisse, entsprechend den eingangs erwähnten Kriterien, können dagegen mehr als die Hälfte aller männlichen im Vergleich zu nur 32 % aller weiblichen Patienten aufweisen. Diese Differenz in den "sehr guten" Resultaten zugunsten der Frauen mag u.a. in der manuell geringeren Belastung der

Frau liegen, so daß hier Schmerz durch Überbelastung weniger oft provoziert wird.

Mäßige Ergebnisse kamen etwa gleich häufig bei beiden Geschlechtern vor; Dauerschmerz, Deformität und stark eingeschränkte Handgelenksfunktion, also ein schlechtes postoperatives Ergebnis, fand sich bei je einer Patientin und einem Patienten.

Insgesamt gesehen mag man vielleicht dazu verleitet werden, das postoperative Ergebnis in einer gewissen Abhängigkeit vom Geschlecht der Patienten zu sehen, doch ist natürlich vor allem die Kombination der verschiedenen Einflußfaktoren letztendlich für das positive oder negative Energebnis ausschlaggebend. Dazu zählen vor allem der präoperativ bestehende Frakturtyp sowie Begleitkomplikationen, die sicherlich von größerer Bedeutung für das Endresultat sind.

4.3 Frakturtyp

Die Betrachtung allein der vorgenannten Faktoren ist wenig aussagekräftig, solange die Einbeziehung der Frakturform unterbleibt. So kam es, wie aus Tabelle XX und Abb. 27 ersichtlich, bei Aufrichtungsosteotomie nach deform verheilter Colles-Fraktur in 75 % der Fälle zu ausgezeichneten oder guten Ergebnissen, wohingegen dieses Resultat nur bei jeweils 50 % der Patienten mit präoperativer Smith- bzw. Trümmerfraktur erreicht wurde. Auch liegen die Zahlen der mäßigen oder schlechten Ergebnisse bei den Colles-Frakturen deutlich niedriger (25 %) als bei den anderen beiden Frakturformen (jeweils 50 %).

	FRAKTUR-FORM						
	COLLES-Fraktur		SMITH-Fraktur		TRÜMMER-Fraktur		
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Gesamtzahl der Fälle
ausgezeichnete Ergebnisse	6	21	3	50	1	25	10
gute Ergebnisse	15	54	-	-	1	25	16
mäßige Ergebnisse	6	21	3	50	1	25	10
schlechte Ergebnisse	1	4	-	-	1	25	2
Gesamt:	28	100	6	100	4	100	38

Tab. XX. Endergebnisse im Vergleich zur präoperativen Frakturform

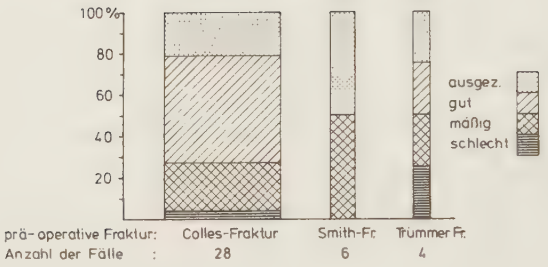


Abb. 27

Untersucht man die Ursachen der negativen Ergebnisse nach Aufrichtungsosteotomie der Colles-Fraktur so läßt sich nur bei zwei der sieben betroffenen Patienten kein offensichtlicher Grund für diesen postoperativen Zustand finden. In den anderen fünf Fällen bestand ein postoperatives Sudeck'sches Syndrom, eine auffällige Inkongruenz im distalen Radioulnargelenk (trotz der mit der Aufrichtungsosteotomie vorgenommenen Ellenköpfchenresektion), eine schon präoperativ existente, schmerzhafte Wurzelläsion C_7, ein N. medianus-Kompressionssyndrom und eine ausgeprägte postoperative Arthrose. Diese entstand als Folge des (trotz fixierender T-Platte) nur ungenügend um- und eingebauten keilförmigen Beckenkammspans, eines Einsinkens des distalen Radiusendes in die Einkerbung und nachfolgender Inkongruenz im distalen Radioulnargelenk. Der Bewegungsumfang im Handgelenk war dadurch auf ein Minimum reduziert, und die Patientin klagte über beständige Schmerzen.

Für die in 50 % der Fälle nur mäßigen Erfolge bei den Smith-Frakturen lassen sich kaum direkte Ursachen finden, zumal bei den betroffenen Patienten ein einwandfreies röntgenologisches Ergebnis vorliegt. In dieser Gruppe befindet sich die älteste Patientin mit nunmehr 72 Jahren, bei einem weiteren Patienten kam es postoperativ zur Ruptur der langen Daumenstrecksehne und im dritten Fall zu einem Carpaltunnelsyndrom. Dies alles steht jedoch nicht

in direktem Zusammenhang mit einer schmerzhaft eingeschränkten Handgelenksfunktion.

Die gleichmäßige Verteilung der Ergebnisse nach vormals bestehender Trümmerfraktur ist vor allem wegen der geringen Anzahl der Fälle nicht leicht zu interpretieren. Beide Patienten mit den unbefriedigenden Ergebnissen weisen eine Styloiditis ulnae sowie eine Inkongruenz im distalen Radioulnargelenk auf. Bei einem von ihnen war zugleich eine Ellenendresektion vorgenommen worden, ein kombiniertes Verfahren, welches im gesamten Patientenkollektiv nur zwei Mal angewandt wurde. (Die zusätzliche Entfernung des distalen Ellenendes war notwendig geworden, da bei jenen zwei Patienten ein erheblicher relativer Ellenvorschub von 1,5 cm bestand, der sich durch das Einbringen des Knochenkeils allein nicht ausgleichen ließ. Bei beiden Patienten war es jedoch später zu erheblichen Schmerzen im distalen Ellenendbereich sowie zur Inkongruenz im distalen Radioulnargelenk gekommen.)

Sicherlich ist nach wie vor gültig, daß eine vorbestehende, deform verheilte distale Radius-Trümmerfraktur primär als Kontraindikation einer Aufrichtungsosteotomie zu gelten hat, doch ist diese Entscheidung nur anhand des Röntgenbildes (starke Arthrose, intraartikuläre Stufenbildung) zu treffen, da ansonsten auch bei dieser Frakturform durch den Eingriff ein gutes Ergebnis erzielt werden kann. Erst eine weitere Studie anhand einer wesentlich größeren Patientengruppe wird hier für die Zukunft eine gewisse Richtlinie schaffen können.

4.4. Abriß des Processus styloideus ulnae

Durch die bei der distalen Radiusfraktur auftretende abrupte Verschiebung des gelenknahen Speichenfragments kommt es zu einer Überdehnung der das distale Radioulnargelenk verbindenden Ligamente und des Discus triangularis.

Folge ist häufig ein Abriß des Processus styloideus ulnae. Bange (5) beobachtete schon 1921, daß diese Verletzung in vielen Fällen zu einer Instabilität im distalen Radioulnargelenk und folglich zu einem Funktionsverlust führt. Fernandez (21) hingegen sieht die größere Gefahr für eine Instabilität in Frakturen, bei denen der Griffelfortsatz intakt bleibt, denn hierbei ist zumeist das Ligamentum triangulare zerrissen, wohingegen ein abgerissener Proc. styl.ulnae für ein intakt gebliebenes Ligamentum triangulare spricht. Somit wäre anzunehmen, daß auch nach Korrekturosteotomien am distalen Radius (bei denen ligamentäre Veränderungen unberücksichtigt bleiben) diejenigen Frakturen ein weniger gutes funktionelles Endergebnis aufweisen, bei denen schon präoperativ ein intakter Griffelfortsatz auf ein rupturiertes Ligamentum triangulare hinwies. Neben dem durch die Aufrichtungsosteotomie erreichten Längenausgleich zwischen Elle und Speiche sind auch unversehrt gebliebene ligamentäre Verbindungen für die Stabilität im distalen Radioulnargelenk und somit für das funktionelle Endergebnis von wesentlicher Bedeutung.

	FRAKTUR-TYP		
	Colles-Fraktur	Smith-Fraktur	Trümmer-Fraktur
Häufigkeit der Fraktur des Proc. styl. ulnae	16/28	3/6	3/4
in Prozent	57	50	75

Tab. XXI. Häufigkeit der Fraktur des Processus styloideus ulnae

	Anzahl der Fälle	in Prozent	Prozentuale Verteilung der 16 Fälle ohne Fraktur
ausgezeichnete Ergebnisse	8	36	13
gute Ergebnisse	9	41	44
mäßige Ergebnisse	5	23	31
schlechte Ergebnisse	-	-	12
Gesamt:	22	100	100

Tab. XXII. Endergebnisse bei Patienten mit Fraktur des Proc. styl. ulnae

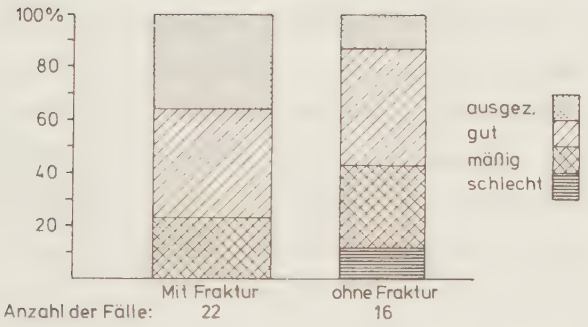


Abb. 28

Welch stabilisierenden Einfluß diese Verbindungen auf die Handgelenksbeweglichkeit haben, mag auch aus Tabelle XXII und Abb. 28 ersichtlich sein, wo die Endergebnisse der 22 Patienten (57 % des gesamten Patientenkollektivs) mit Fraktur des Proc. styl. ulnae (entspricht einem intakten Lig. triangulare) denjenigen mit unversehrtem Griffelfortsatz (und rupturierter Verbindung) gegenübergestellt werden. Demnach kam es bei den Erstgenannten in 36 % der Fälle zu sehr guten Ergebnissen gegenüber nur 13 % in der letztgenannten

Gruppe. 12 % aller Patienten mit rupturiertem Ligament wiesen schlechte Endergebnisse auf, wohingegen kein Patient mit intakter Verbindung ein derart negatives Resultat hinnehmen mußte.

4.5 Genauigkeit der anatomischen Rekonstruktion

Die Auswirkung einer exakten anatomischen Wiederherstellung des distalen Radius auf das funktionelle Endergebnis ist einer der zentralen Aspekte für die Durchführung und Bewertung der Aufrichtungsosteotomie.

Frühere Studien, die sich mit der Relation zwischen verbliebener Deformität und funktionellem Resultat beschäftigen, spiegeln die verschiedensten Meinungen wider. Häufig wurde die Beobachtung gemacht, daß ein schlechtes anatomisches Ergebnis einen ungünstigen Einfluß auf die funktionelle Prognose hat (3, 25, 30, 43). Demgegenüber steht jedoch die Auffassung anderer Autoren, die einer verbliebenen Fehlstellung nur geringe Bedeutung für ein funktionell schlechtes Endergebnis beimessen (35, 40). Im vorliegenden Patientenkollektiv zeigt sich die Auswirkung der postoperativ noch bestehenden Deformität auf das funktionelle Endergebnis in Tabelle XXIIIa. und Abb. 29.

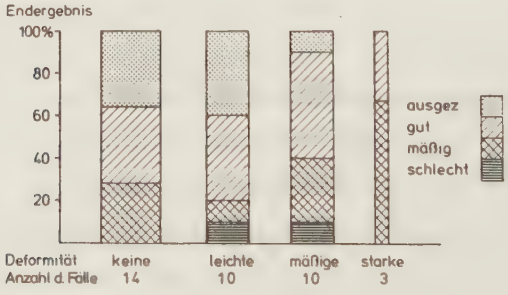


Abb. 29

	Ausmaß der postoperativen anatom. Deformität								Gesamtzahl der Fälle
	keine		leichte		mäßige		starke		
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
ausgezeichnetes Ergebnis	5	36	4	40	1	10	-	-	10
gutes Ergebnis	5	36	4	40	5	50	1	33	15
mäßiges Ergebnis	4	28	1	10	3	30	2	67	10
schlechtes Ergebnis	-	-	1	10	1	10	-	-	2
Gesamt:	14	100	10	100	10	100	3	100	37

Tab. XXIIIa. Endergebnisse im Vergleich zum Ausmaß der postoperativen anatomischen Deformität

Grundlage für die angegebenen Werte sind wieder die eingangs (s. III,4.) festgelegten Kriterien. Tabelle XXIIIa. und Abb. 29 zeigen, daß sich mit zunehmender Deformität das funktionelle Endergebnis verschlechtert. Somit besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Genauigkeit der anatomischen Rekonstruktion und dem Endresultat. Dennoch finden sich in jeder der in Tab. XXIIIa. genannten Gruppen einige Patienten, bei denen das röntgenologische und das funktionelle Ergebnis in deutlichem Widerspruch stehen.
Schließlich ist noch von Bedeutung, welche Art von verbliebender Deformität den größten Einfluß auf ein funktionell unbefriedigendes Endergebnis hat. In der Literatur wird zumeist der relative Ellenvorschub oder die dorsale bzw. volare Abwinkelung für ein funktionell schlechtes Resultät verantwortlich gemacht, da beides zu einer Gefügeverschiebung im distalen Radioulnargelenk führt (6, 15, 30, 41).
Betrachtet man die röntgenologischen Befunde der Gruppen mit unbefriedigendem, also mäßigem oder schlechtem funktionellen Befund, so zeigt sich, daß vor allem eine postoperative dorsale bzw. volare Abkippung des distalen Radiusendes häufiger und im größeren Ausmaß vorliegt als bei den Vergleichsgruppen mit sehr guten oder guten funktionellen Endergebnissen. Dagegen findet sich keine wesentliche Diskrepanz zwischen beiden Gruppen hinsichtlich des postoperativ noch bestehenden Ellenvorschubs (s. Tab. XXIIIb+c).

Daraus ergibt sich, daß die postoperativ noch bestehende Deviation des distalen Speichenendes das funktionelle Endergebnis mehr beeinträchtigt als der verbliebene relative Ellenvorschub. Eine gravierende Deformität war aber nicht unbedingt ein Hindernis für funktionell gute Resultate. Von den 13 Patienten, bei denen entweder eine mäßig bis stark ausgeprägte Radiusverkür-

postoperative noch bestehende dorsale bzw. volare Abwinkelung	12 Patienten mit funktionell mäßigem schlechtem Endergebnis	25 Patienten mit funktionell gutem/ sehr gutem Endergebnis
keine	41 %	56 %
geringe	25 %	24 %
mäßige	17 %	12 %
starke	17 %	8 %

Tab. XXIIIb. Häufigkeit und Ausmaß der post-operativen noch bestehenden dorsalen bzw. volaren Abwinkelung in Bezug zum Endergebnis

Postoperativ noch bestehender Ellenvorschub	12 Patienten mit funktionell mäßigem/ schlechtem Endergebnis	25 Patienten mit funktionell gutem/ sehr gutem Endergebnis
kein	42 %	52 %
leichter	50 %	40 %
mäßiger	8 %	8 %
starker	-	-

Tab. XXIIIc. Häufigkeit und Ausmaß des postoperativ noch bestehenden Ellenvorschubs in Bezug zum Endergebnis

zung oder dorsale bzw. volare Abwinkelung vorlag, hatten sieben (= 54 %) ein funktionell gutes oder sehr gutes Ergebnis. Somit hat sich gezeigt, daß eine genaue anatomische Rekonstruktion nicht in allen Fällen zu einem zufriedenstellenden funktionellen Endergebnis führte, andererseits eine deutliche Restdeformität bei der Mehrheit der Patienten mit einer guten Funktion vereinbar war.

4.6. Präoperative Begleitkomplikationen

Sowohl aufgrund eines relativ großen Zeitintervalls zwischen Fraktur und Korrekturosteotomie als auch bedingt durch die Frakturform und das Alter des Patienten bestanden präoperativ in etlichen Fällen arthrotische Veränderungen im Handgelenksbereich. Des weiteren war es bei sechs Patientinnen posttraumatisch zu einem Sudeck'schen Syndrom gekommen, welches zum Zeitpunkt der Korrekturosteotomie zwar nicht mehr im akuten Stadium war, jedoch in fast allen Fällen zu starken Schmerzen mit erheblicher Funktionsbehinderung geführt hatte (s. Tab. VIII). Zudem lag bei einer Patientin präoperativ ein Carpaltunnelsyndrom vor und in zwei weiteren Fällen eine Ruptur der Sehne des Musc. ext. pollicis longus.

Nun erscheint es vor allem wesentlich, inwieweit derartige Begleitkomplikationen aufgrund der zusätzlichen Schädigung von Knochenstrukturen und Weichteilen das Ergebnis der Korrekturosteotomie in Frage stellen können. Nach den unter III,4.1 angegebenen Kriterien wurde das postoperative Ergebnis der Patienten mit präoperativ bestehenden Begleitkomplikationen den Resultaten jener Patienten gegenübergestellt, die ohne die genannten Beschwerden zur Operation kamen. Tabelle XXIV und Abb. 30 weisen auf eine im Verhältnis zur präoperativen Arthrose seltene Begleitschädigung hin, das Sudeck'sche Syndrom.

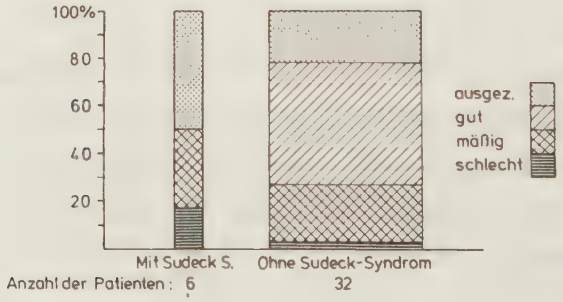


Abb. 30

	Anzahl der Patienten	%	Prozentuale Verteilung der 32 Patienten ohne Sudeck-Syndrom
ausgezeichnete Ergebnisse	3	50	22
gute Ergebnisse	-	-	50
mäßige Ergebnisse	2	33	25
schlechte Ergebnisse	1	17	3
Gesamt:	6	100	100

Tab. XXIV. Endergebnisse bei Patienten mit und ohne präoperativem Sudeck-Syndrom

Im Vergleich zu den sechs Betroffenen mit dieser Vorerkrankung kam es bei den anderen Patienten zu einem besseren Gesamtergebnis, da nur 27 % von ihnen mäßige oder schlechte Ergebnisse aufwiesen. Dagegen wurde bei 50 % der Patienten mit Sudeck'schem Syndrom ein derart negatives Ergebnis festgestellt. Trotz dieser von den Endresultaten der anderen Patienten abweichenden Befunde darf nicht vergessen werden, daß auch der präoperative Schmerzzustand und Funktionsverlust bei Patienten mit Sudeck'schem Syndrom vergleichsweise gravierender war.

Neben einer präoperativ bestehenden Arthrose oder einem Morbus Sudeck ist die Bedeutung eines Carpaltunnelsyndroms gering. Ein durch posttraumatische Bindegewebsproliferation in seinem Verlauf komprimierter N. medianus kann zu einer gewissen Beeinträchtigung auch des postoperativen Verlaufs führen. Im vorliegenden Patientenkollektiv bestand nur in einem Fall präoperativ ein CTS; zusammen mit der Korrekturosteotomie wurde bei dieser Patientin auch eine Neurolyse des N. medianus vorgenommen. Trotzdem wurde in diesem Fall nur ein mäßiges postoperatives Resultat erreicht, da sich der

Schmerzzustand durch den Eingriff nur wenig verringert hatte.
Die Ruptur der Sehne des Musc. extensor pollicis longus bereitete den beiden betroffenen Patienten präoperativ entsprechende Schwierigkeiten. Im Rahmen der Osteotomie konnte durch Indicesplastik der Ausfall der Sehne voll kompensiert werden, so daß die Patienten postoperativ keine auf diese Korrektur zurückzuführenden Beschwerden hatten.

4.7. Zeitliches Intervall zwischen Fraktur und Korrekturosteotomie

Wird eine in Fehlstellung verheilte distale Radiusfraktur über einen längeren Zeitraum in ihrer Deformität belassen, so kommt es - wie bei allen adaptiven Vorgängen im lebenden Gewebe - zu einer durch Umbauvorgänge zunehmenden Fixation dieser Fehlstellung. Folge ist vor allem, nach Kallusbildung und bindegewebiger Proliferation, eine schmerzbedingte Schonhaltung im betroffenen Areal, somit eine Minderbeanspruchung und dadurch Minderdurchblutung der korrespondierenden Muskulatur. Im Endstadium besteht schließlich eine hochgradige Arthrose im distalen Unterarm und Handwurzelbereich.
Je länger dieser regressive Vorgang besteht, umso schwieriger gestaltet sich die operative Rekonstruktion des distalen Radius, umso geringer erscheinen auch die Aussichten einen guten funktionellen und möglichst schmerzfreien Endzustand zu erhalten. Wie gravierend wirkt sich das zeitliche Intervall zwischen Primärtrauma und Korrekturosteotomie auf das Endergebnis aus?
Im vorliegenden Patientenkollektiv liegen die extremen Werte für das Zeitintervall bei drei Wochen bzw. zehn Jahren nach der distalen Radiusfraktur.

	MONATE						
	0 - 12		13 - 24		>24		
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Gesamtzahl der Fälle
ausgezeichnete Ergebnisse	7	32	2	20	1	17	10
gute Ergebnisse	11	50	3	30	2	33	16
mäßige Ergebnisse	3	14	5	50	2	33	10
schlechte Ergebnisse	1	4	-	-	1	17	2
Gesamt:	22	100	10	100	6	100	38

Tab. XXV. Endergebnisse entsprechend dem Zeitintervall zwischen Fraktur und Korrekturosteotomie

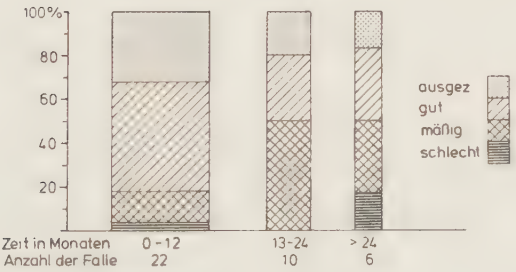


Abb. 31

Aus Tabelle XXV und Abb. 31 wird deutlich, daß die innerhalb der ersten zwölf Monate nach dem Primärtrauma vorgenommene Aufrichtungsosteotomie bei 82 % der Patienten erfolgreich verlief. Bei genauerer Auflistung der Resultate, wie das in Tabelle XXVI zu sehen ist, sind die besten Ergebnisse durch Aufrichtungsosteotomie sieben bis zwölf Monate nach der Fraktur erzielt worden.

	MONATE										
	0 - 6		7 - 12		13 - 18		19 - 24		>24		
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Gesamtzahl der Fälle
ausgezeichnete Ergebnisse	3	27	4	36	2	33	-	-	1	17	10
gute Ergebnisse	5	46	6	55	2	33	1	25	2	33	16
mäßige Ergebnisse	2	18	1	9	2	33	3	75	2	33	10
schlechte Ergebnisse	1	9	-	-	-	-	-	-	1	17	2
Gesamt:	11	100	11	100	6	100	4	100	6	100	38

Tab. XXVI. Endergebnisse entsprechend dem Zeitintervall zwischen Fraktur und Korrekturosteotomie

Dies kann darauf zurückgeführt werden, daß zu diesem Zeitpunkt die durch die Fraktur entstandenen Weichteilschäden weitgehend abgeklungen sind, andererseits arthrotische und degenerative Prozesse sich noch im Anfangsstadium befinden.

Wurde die Aufrichtungsosteotomie nach mehr als einem Jahr vorgenommen, so ist die Prognose hinsichtlich des Endergebnisses weniger günstig. Nur noch bei jeweils 50 % der Patienten wurde nach diesem Zeitintervall ein sehr gutes oder gutes Ergebnis erzielt.
Zusammenfassend läßt sich aus den vorliegenden Zahlen ableiten, daß eine möglichst frühzeitige Aufrichtungsosteotomie anzustreben ist, d.h., innerhalb der ersten zwölf Monate nach irreponibler, posttraumatischer Fehlstellung.

4.8. Zeitliches Intervall zwischen Korrekturosteotomie und Materialentfernung

Um die anatomische Rekonstruktion des distalen Radius mit Hilfe eiens Knochenkeils dauerhaft zu stabilisieren, wurde eine dorsale bzw. volare T-förmige Platte nach AO mit Schrauben fixiert. Je nach Knochenalter, funktioneller Beanspruchung und störungsfreiem, postoperativen Verlauf war die Zeitspanne zwischen Korrekturosteotomie und Materialentfernung unterschiedlich lang. Die fixierende Platte wurde nach durchschnittlich zehn Monaten wieder entfernt. Ausschlaggebend für die Materialentfernung war ein röntgenologisch feststellbarer stabiler Durchbau im Bereich des eingebrachten Knochenkeils.
Bei frühzeitiger Entfernung des Materials besteht die Gefahr, daß es aufgrund der nun fehlenden Zug- und Druckkräfte nur zu einem mangelhaften Einbau des Knochenkeils in das distale Radiusende kommt. Folge ist eine unzuläng-

	MONATE								
	1 - 6		7 - 12		13 - 18		>18		
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Gesamtzahl der Fälle
ausgezeichnete Ergebnisse	3	25	4	37	2	22	-	-	9
gute Ergebnisse	5	42	3	27	4	44	-	-	12
mäßige Ergebnisse	4	33	3	27	2	22	1	-	10
schlechte Ergebnisse	-	-	1	9	1	12	-	-	2
Gesamt:	12	100	11	100	9	100	1		33

Tab. XXVII. Endergebnisse entsprechend dem Zeitintervall zwischen Korrekturosteotomie und AO-Materialentfernung

liche Aufrichtung des distalen Speichenendes, das postoperative Ergebnis bleibt unbefriedigend. Ist es also besser das fixierende Material über einen möglichst langen Zeitraum zu belassen, oder ist das zeitliche Intervall zwischen Korrekturosteotomie und Materialentfernung für das Endergebnis von geringer Bedeutung? Tabelle XXVII und Abb. 32 zeigen die vergleichenden Ergebnisse nach Materialentfernung bei 33 Patienten; in fünf Fällen war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung die T-Platte noch belassen.

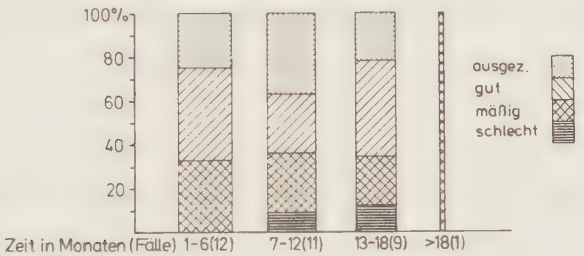


Abb. 32

Es läßt sich keine wesentliche Differenz in den Endergebnissen zwischen frühzeitiger (ein bis sechs Monate postoperativ) und späterer (13 - 18 Monate postoperativ) Metallentfernung erkennen. Offensichtlich ist die Dauer der Fixation von geringerer Bedeutung als vielfach angenommen. Häufig wird als Grundregel ein zeitliches Intervall von ein bis zwei Jahren angegeben, doch zeigen die vorliegenden Ergebnisse, daß bei guter knöcherner Konsolidierung des eingebrachten Beckenkammspans auch eine frühzeitige Entfernung der AO-Platte keinen negativen Einfluß auf das Endergebnis hat.

4.8. Zeitliches Intervall zwischen Korrekturosteotomie und Nachuntersuchung

Mit zunehmender Festigung des autologen Knochenspans innerhalb des distalen Radiusendes wird die Belastbarkeit des Unterarms und des Handgelenks größer. Dadurch kommt es auch zu einer besseren Perfusion der angrenzenden Weichteile, einer erhöhten Mineralisierung der vormals oft schon osteoporotisch veränderten Knochen sowie zu einer zunehmend besseren Beweglichkeit im Handgelenksbereich. Limitierend auf das funktionelle Endergebnis wird sich u.a. die postoperative Bindegewebsproliferation auswirken, die zu Adhäsionen und damit zu schmerzhafter Bewegungseinschränkung bis hin zum klinischen Bild eines Carpaltunnelsyndroms führen kann.

Das postoperative Ergebnis wird also neben anderen Faktoren auch von dem zum Zeitpunkt der Korrekturosteotomie bestehenden Regenerationszustand beeinflußt. Dieser Zusammenhang wird in der unten stehenden Abbildung wiedergegeben.

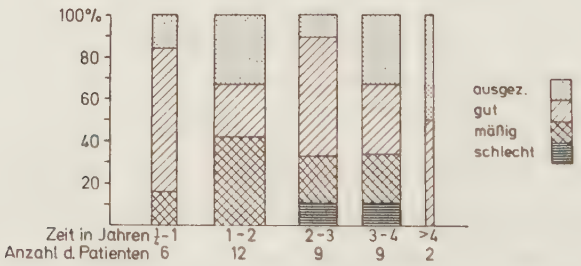


Abb. 33

Wie aus Tabelle XXVIII und Abb. 33 ersichtlich sind die besten Resultate innerhalb der ersten zwölf Monate post operationem verzeichnet worden. 84 % der Ergebnisse in diesem Zeitraum konnten entsprechend der eingangs angeführten Kriterien als sehr gut oder gut eingestuft werden. Ein bis zwei Jahre

	JAHRE										
	1/4 - 1		1 - 2		2 - 3		3 - 4		>4		
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Gesamtzahl der Fälle
ausgezeichnete Ergebnisse	1	16	4	33	1	11	3	33	1	50	10
gute Ergebnisse	4	68	3	25	5	56	3	33	1	50	16
mäßige Ergebnisse	1	16	5	42	2	22	2	23	-	-	10
schlechte Ergebnisse	-	-	-	-	1	11	1	11	-	-	2
Gesamt:	6	100	12	100	9	100	9	100	2	100	38

Tab. XXVIII. Endergebnisse im Verhältnis zum Zeitintervall zwischen Korrekturosteotomie und Nachuntersuchung

nach dem Eingriff lagen diese Werte nur noch bei 58 %. Annähernd gleichbleibend scheint der postoperative Zustand zwischen zwei und vier Jahren nach der Korrekturosteotomie zu bleiben. Nur in zwei Fällen waren seit dem operativen Eingriff mehr als fünf Jahre vergangen: bei einer Patientin mit einem sowohl röntgenologisch als auch funktionell ausgezeichnetem Ergebnis lag die Osteotomie mehr als acht Jahre zurück, bei dem anderen Patienten mit gutem Ergebnis betrug das zeitliche Intervall fünf Jahre.

Sicherlich ist also bei der Bewertung des postoperativen Ergebnisses auch der Zeitpunkt der Nachuntersuchung zu berücksichtigen. Erst nach mehr als zwei Jahren post operationem kann das Resultat als relativ gleichbleibend angesehen werden. Für die Zukunft wäre eine entsprechende Langzeitstudie interessant, da nach Materialentfernung, eventuell notwendiger Tendolyse oder Neurolyse noch eine zusätzliche Verbesserung des funktionellen Endergebnisses erwartet werden kann.

DISKUSSION

Der distale Speichenbruch ist mit 10 - 25 % aller Frakturen der häufigste Bruch des Menschen. Es ist bekannt, daß nur ca. 70 % der distalen Radiusfrakturen erfolgreich primär versorgt werden können; jeder dritte bzw. vierte Patient klagt über dauerhafte Schmerzen und Funktionsminderung. Die Ursache ist in vielen Fällen das nach Redislokation in Fehlstellung verheilte Radiusende, ein damit verbundener relativer Ellenvorschub und eine erhebliche Gefügeverschiebung im distalen Radioulnargelenk. Langfristig kommt es zu arthrotischen Veränderungen, Demineralisierung der beteiligten und angrenzenden Knochenstrukturen und schließlich zur funktionellen Gebrauchsunfähigkeit der Hand.

Schon früh wurde mit Hilfe der verschiedensten Verfahren versucht, das konservativ erreichte Ergebnis zu stabilisieren (Rush-Pins, Kirschner-Drähte, K-Schiene) oder die Auswirkungen der in Fehlstellung verheilten Fraktur operativ zu mildern (Ellenendresektion, Arthrodese usw.). Die meisten der operativen Verfahren waren jedoch nur palliativer Natur; durch keines ist es gelungen die Ursache der schmerzbedingten Funktionsbehinderung, die pathologische Form des Speichenendes, zu beseitigen. Hier konnte mit Hilfe der Aufrichtungsosteotomie Entscheidendes für die regelrechte Wiederherstellung des distalen Radius und Radioulnargelenks erreicht werden.

Anhand der Ergebnisse von 42 durchgeführten und 38 untersuchten Korrektureingriffen lassen sich für das prä-, intra- und postoperative Vorgehen folgende Erfahrungen und Konsequenzen ableiten:

1. Präoperativ

Wesentlich für den Erfolg des Eingriffs ist eine sehr begrenzte Indikationsstellung. Die Operation ist vor allem angezeigt bei jungen Personen oder manuell tätigen Arbeitern. Arthrotische Veränderungen dürfen nur gering ausgeprägt sein. Ebenso verbietet intraartikuläre Stufenbildung den Eingriff, da ihre Auswirkung auf die Handgelenksfunktion durch die Aufrichtungsosteotomie unbeeinflußt bleibt. Nach Trümmerfrakturen (ohne intraartikuläre Stufenbildung) wurde nur in 50 % der Fälle ein gutes postoperatives Resultat erreicht gegenüber 75 % nach Collesfrakturen. Neben der Frakturform engen auch präoperative Begleitkomplikationen den von der Korrekturosteotomie erwarteten Erfolg ein. Obgleich durch die Stellungsverbesserung die Folgen eines präoperativ weitgehend abgeklungenen Sudeck'schen Syndroms vermindert werden konnten, sind die funktionellen Endergebnisse bei dieser Patientengruppe deutlich schlechter (in 50 % der Fälle unbefriedigende Resultate) als bei den übrigen Patienten (in 27 % d.F. negative Ergebnisse).

Vor dem Eingriff sollte neben den obligaten Röntgenaufnahmen ein detaillierter Befund der funktionellen Restaktivität erhoben werden. Dies ermöglicht einen besseren Vergleich bei der postoperativen Kontrolluntersuchung. Zudem ist es sicherlich notwendig die Möglichkeit anderer Faktoren für die schmerzhafte Funktionsbehinderung auszuschließen, bevor man sich zu einer chirurgischen Intervention entschließt. Wenn zu vermuten ist, daß eine posttraumatische Kausalgie die Ursache für den präoperativen Zustand ist, so wird eine chirurgische Korrektur der Deformität wenig Wirkung zeigen. Eine genaue Anamnese vor allem des posttraumatischen Verlaufs kann hier bei der Indikationsstellung hilfreich sein.

Ein anderer nicht unwesentlicher Aspekt ist der richtige Zeitpunkt für die Korrekturosteotomie. Einerseits sollte genug Zeit verstrichen sein, um den

Einfluß posttraumatischer Weichteilschädigung auf die bestehende schlechte Funktion ausschließen zu können, andererseits sollte mit der Durchführung der Operation nicht zu lange gewartet werden, um regressiven Veränderungen zuvorzukommen. Als bester Zeitraum zur Korrekturosteotomie erwies sich der 7. - 12. Monat nach der Faktur (s. III,4.7).

Schließlich ergab sich noch die Frage nach dem Sinn einer prophylaktischen Korrekturosteotomie. Diese ist zu bejahen, wenn sich bei dem Patienten trotz noch gering schmerzhafter Funktionsbehinderung ein allmählich zunehmender relativer Ellenvorschub und beginnende Arthrose zeigt. In diesem Fall ist zur Operationsindikation dem röntgenologischen Befund - vor dem funktionellen Zustand - die größere Bedeutung beizumessen.

2. Intraoperativ

Nach den (in III., 4.5) erhobenen Befunden entspricht dem Ausmaß der Genauigkeit bei der operativen Rekonstruktion des distalen Radiusendes die Zahl der funktionell guten Ergebnisse. Dabei ist es vor allem wichtig, die dorsale bzw. volare Abwinkelung so gering wie möglich zu halten, da diese Restdeformität die gravierendste Auswirkung auf das funktionelle Endergebnis zeigt. Demgegenüber ist ein postoperativ verbliebener Ellenvorschub von geringerer Bedeutung. Bei zwei Patienten konnte aufgrund des präoperativ bestehenden Ellenvorschubs von mehr als 15 mm der Längenausgleich nicht durch Korrekturosteotomie erreicht werden. Die notwendige zusätzliche Ellenresektion wurde am distalen Ulnaende vorgenommen. Postoperativ zeigten beide Patienten ein funktionell schlechtes Ergebnis sowie Dauerschmerzen im Bereich des distalen Radioulnargelenks. Offensichtlich war es aufgrund der relativ großen Ellenendresektion zur Instabilität in diesem Bereich gekommen.

Da ein postoperativ verbliebener Ellenvorschub nur selten zu einem schlechten funktionellen Endergebnis führte, bleibt zu überlegen, ob nicht eine weniger ausgedehnte quere Osteotomie im Bereich des letzten Ellendrittels günstiger ist. Die Gefahr einer Instabilität im distalen Radioulnargelenk wird dadurch deutlich verringert, dagegen muß mit einer erheblich längeren Konsolidierungszeit der Ulna gerechnet werden.

Wie bei jedem operativen Eingriff, so erhöht sich auch durch die Korrekturosteotomie die Gefahr der zusätzlichen Weichteilschädigung, hier vor allem eines M. Sudeck (1 Patient). Durch intraoperative mechanische Läsion und postoperative Bindegewebsproliferation ist die Möglichkeit zur Entwicklung eines Carpaltunnelsyndroms (postop. bei 13 % aller Patienten) wie auch einer funktionellen Beeinträchtigung der Daumenstrecksehne (11 % aller Patienten) im besonderen Maß gegeben.

3. Postoperativ

Aufgrund der durch den operativen Eingriff verursachten, häufig kaum zu vermeidenden Begleitkomplikationen kann der postoperative funktionelle Befund erheblich von dem röntgenologisch guten Ergebnis abweichen. Mit Hilfe physikalischer Therapie (M. Sudeck) oder im Rahmen der Materialentfernung können Begleitkomplikationen wie das N. medianus-Kompressionssyndrom oder die Insuffizienz der Sehne des M. ext. poll. longus beseitigt werden. Dies ist mit ein Grund für die Tatsache, daß abhängig vom zeitlichen Intervall zwischen Korrekturosteotomie und Nachuntersuchungstermin unterschiedliche funktionelle Ergebnisse zu erwarten sind. Zudem beeinflussen noch ablaufende Regenerations- und Konsolidierungsprozesse das Endresultat in entsprechender Weise. Neben den in III,4.9 genannten Gesichtspunkten wäre aus diesen

Gründen zur unabhängigen Beurteilung der postoperativen Ergebnisse eine abschließende Untersuchung der Patientengruppe in zwei Jahren wünschenswert. Wie in der vorstehenden Diskussion deutlich gemacht wurde, liegt die wesentliche Bedeutung für den Erfolg der Korrekturosteotomie in der sorgfältigen Beurteilung des präoperativen Zustandes. Eine Auswahl der Patienten unter Berücksichtigung der eingangs genannten Kriterien, eine möglichst genaue anatomische Rekonstruktion des distalen Radiusendes und die sorgfältige Vermeidung aller nur möglichen Begleitkomplikationen sind die beste Voraussetzung dafür die Erwartungen zu erfüllen, die beide, der Patient und der Chirurg, in die Aufrichtungsosteotomie gesetzt haben.

Zusammenfassung

Nach Darstellung des Pathomechanismus der distalen Radiusfraktur, der möglichen Begleitverletzungen, Komplikationen und Spätfolgen, wurden die Vor- und Nachteile der bisher gebräuchlichen operativen Korrektureingriffe zur Diskussion gebracht. Diesen Verfahren wird die Technik der Aufrichtungsosteotomie gegenübergestellt, mit der als einzige die anatomische Rekonstruktion des distalen Radiusendes und somit der radioulnaren Gelenkkongruenz erreicht werden kann.

Der Eingriff wurde an 42 Patienten vorgenommen, in 38 Fällen (28 Colles-, 6 Smith- und 4 Trümmerfrakturen) werden vergleichende prä- und postoperative Befunde vorgelegt. Das Hauptgewicht bei ihrer Auswertung wurde auf röntgenologische und funktionelle Ergebnisse gelegt, auf die Auswirkung von Begleitkomplikationen, sowie auf die subjektive Beurteilung durch den Patienten und auf das kosmetische Endergebnis.

Die röntgenologischen postoperativen Befunde wurden von den funktionellen

Resultaten unabhängig beurteilt, da eine deutliche Diskrepanz zwischen beiden Ergebnissen nicht selten ist. So bestand präoperativ bei 52 % der Betroffenen eine deutliche anatomische Fehlstellung im distalen Radiusbereich, postoperativ zeigte sich noch bei 35 % der Patienten eine deutliche Deformität des Speichenendes. Mehr als die Hälfte dieser Patienten mit ungünstigem röntgenologischen Befund war jedoch funktionell beschwerdefrei.

Präoperativ bestand bei nahezu allen Patienten ein gravierender Schmerzzustand und eine erhebliche Funktionsminderung. Das vergleichende funktionelle Endergebnis zeigte, daß postoperativ 26 % aller Patienten vollkommen beschwerdefrei waren, und weitere 42 % nur noch leichte Einschränkungen hinnehmen mußten. Detaillierte Angaben hierzu finden sich - ebenso wie eine Untersuchung der negativen Ergebnisse - unter III.2 und III.3.

Eine Analyse möglicher Einflußfaktoren auf das Endergebnis (s. III.4.1 - 4.9)eröffnet neue Aspekte für die Indikationsstellung, operative Durchführung und Nachbehandlung der Aufrichtungsosteotomie bei deform verheilten, distalen Radiusfrakturen.

LITERATURVERZEICHNIS

1. ALLGÖWER, M.: Allgemeine und spezielle Chirurgie, 3. Auflage, Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1976
2. ARBEITELANG, E. und O. BOECKL: Kritische Bemerkungen zur distalen Radiusfraktur. Arch. orthop. Unfallchir. 55 (1963) 1-12.
3. BACORN, R.W. and J.F. KURTZKE: Colles' Fracture. A study of two thousand cases from the New York State Workmen's Compensation Board. J. Bone Jt. Surg. 35-A (1953) 643-658.
4. BALLESTER, J.: Die operative Korrektur des Ellenvorschubs bei einem in Fehlstellung geheilten Speichenbruch an typischer Stelle. Mschr. Unfallheilkunde 70 (1967) 505-507.
5. BANGE, F.: Die Behandlung der typischen Radiusfrakturen in der Zeit von 1907-21. Arch. klin. Chir. 118 (1921) 578-591.
6. BANKART, A.S.B.: The Treatment of Colles'Fracture. Brit. M.J. 1 (1929) 491-492.
7. BECK, E.: Handgelenknahe Speichenbrüche. Unfallheilkunde 82 (1979) 7-14.
8. BECK, E.: Die konservative Behandlung des handgeleknahen Speichenbruches. Orthopäde 4 (1975) 19-22.
9. BECK, E. und I. ENGLER: Spätergebnisse nach Ellenköpfchenresektionen. Mschr. Unfallheilkunde 72 (1969) 432-437.
10. BLECHER, R.: Die Schädigung des Nervus medianus als Komplikation des typischen Radiusbruches. Dt. Zeitschrift f. Chir. 93 (1908) 34.
11. CHARNLEY, J.: Die konservative Therapie der Extremitätenfrakturen. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1968, S. 124.

12. DINGMAN, P.: Resection of the Distal End of the Ulna (Darrach operation). J. Bone Jt. Surg. 34-A (1952) 893-900.

13. EBEL, R.: Eine Methode zur Behandlung stark verschobener Speichenbrüche an typischer Stelle. Mschr. Unfallheilkunde 75 (1972) 375-378.

14. EDSHAGE, S.: Komplikationen des handgelenknahen Speichenbruches und deren Behandlung. Orthopäde 4 (1975) 36-37.

15. EDWARDS, H. and E.B. CLAYTON: Colles' Fracture. Brit. M.J. 1 (1929) 523.

16. EGGERT, A. und S. KECSKÉS: Spätergebnisse von konservativ behandelten distalen Radiusfrakturen. Akt. Traumatologie 3 (1975) 185-190.

17. EHALT, W.: Behandlungsergebnisse der Brüche am unteren Speichenende. Arch. orthop. Unfallchir. 35 (1935) 443-465.

18. ENGELOCH, F. und H. Stirnemann: Zur Radiusfraktur loco classico. Praxis 67 (1978) 1938-44.

19. FENYÖ, G. and O. JOHANNSON: Secondary Displacement of Reduced distal Radius Fractures. Acta orthop. scand. 45 (1974) 76-81.

20. FERNANDEZ, D.L. und G. MÄDER: Die Behandlung der Smith-Frakturen. Arch. orthop. Unfallchir. 88 (1977) 153-161.

21. FERNANDEZ, D.L., H.K. ALBRECHT und U. SAXER: Die Korrekturosteotomie am distalen Radius bei posttraumatischer Fehlstellung. Arch. orthop. Unfallchir. 90 (1977) 199-211.

22. FRANK, E.: Zur Behandlung schwer verschobener Speichenbrüche loco typico. Chir. Praxis 7 (1963) 233-235.

23. FRICK, H., H. LEONHARDT und D. STARK: Allgemeine Anatomie - Spezielle Anatomie I, Thieme Verlag Stuttgart (1977).

24. FRYKMAN, G.: Fractures of the distal radius including sequale shoulder-hand-finger syndrome, disturbance in the distal radio-ulnar joint and impairment of nerve function. Acta orthop. scand. Suppl. 108 (1967).

25. GARTLAND, J.J. Jr. and CH.W. WERLEY: Evaluation of healed Colles fractures. J. Bone Jt. Surg. 33-A (1951) 895-907.

26. HEIM, U. und K.M. PFEIFFER: Periphere Osteosynthesen. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1972.

27. HEPP, W.R. und J. TIEDEMANN: Behandlungsergenisse von Radiusbasisfrakturen. Orthopäde 4 (1975) 38-39.

28. HILGENFELDT, O.: Vorschläge zur Behandlung des typischen Speichenbruches. Zbl. Chir. 75 (1950) 709-714.

29. HÖRSTER, G. und E. LUDOLPH: Spätschäden nach handgelenknahen Speichenbrüchen. Unfallheilkunde 82 (1979) 29-35.

30. HOBART, M.H. and G.L. KRAFT: Malunited Colles' fracture Am. J. Surg. 53 (1941) 55-60.

31. INZIG, H.: Der Speichenbruch an typischer Stelle. Eine Statistik aus den Wiener Unfallkrankenhäusern. Chir. Praxis 11 (1967) 595-600.

32. KAISER, CH., D. TERBRÜGGEN, H. RUETSCH und H. WILLENEGGER: Technik und Indikation der perkutanen Spickdrahtfixation bei Radiusfrakturen loco classico. Z. f. Unfallmedizin u. Berufskrankheiten 67 (1974) 23-30.

33. KLEINIG, R. und K.-D. VITT: Der cortico-spongiöse Beckenkammspan bei der Behandlung von Unterarmschaftpseudarthrosen. Hefte zur Unfallheilkunde 132 (1978) 460-463.

34. KOOB, E.: Der handgelenknahe Speichenbruch im Erwachsenenalter. Orthopäde 4 (1975) 14-18.

35. KOTRNETZ, H. und F. GEIRINGER: Speichenbrüche des Erwachsenen an typischer Stelle. Arch. orthop. und Unfallchir. 37 (1937) 504-538.

36. KRISTIANSEN, A. and E. GJERSØE: Colles' fracture - operative treatment, indications and results. Acta orthop. scand. 39 (1968) 33-46.

37. KÜNTSCHER, G.: Die Resektion des distalen Ulnaendes. Der Chirurg 30 (1959) 117-119.

38. LANGE, M.: Lehrbuch der Orthopädie und Traumatologie, Band III, Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag: 1967.

39. LANGE, M.: Orthopädisch - chirurgische Operationslehre, München, Bergmann: 1962.

40. LIDSTRÖM, A.: Fractures of the distal end of the radius. Acta orthop. scand. Suppl. 41 (1959).

41. MASON, M.L.: Colles' fracture. A survey of end-results. Brit. J. Surg. 15 (1953) 340-346.

42. MAURER, G.: Sudeck'sches Syndrom und Arthrose. H. Unfallheilkunde 110 (1971) 203-210.

43. MAYER, J.H.: Colles' fracture. Brit. J. Surg. 27 (1940) 629-642.

44. MEULI, H.CH.: Zur Indikation der Arthrodese und der Arthroplastik bei Spätschäden nach Handgelenkverletzungen. Z. f. Unfallmedizin und Berufskrankheiten 67 (1974) 126-130.

45. MOULIN, D. de: Fracture of the lower end of the radius: an obscure injury for many centuries. Archivum chirurgicum Neerlandicum (1977) 213-216.

46. MÜLLER-FÄRBER, J. und W. GRIEBEL: Der sekundäre Korrektureingriff am distalen Radius bei posttraumatischer Fehlstellung. Unfallheilkunde 82 (1979) 23-28.

47. NIGST, H.: Handgelenknahe Speichenbrüche des Erwachsenen. Unfallheilkunde 82 (1979) 1-6.

48. NIGST, H.: Kompressionssyndrome der Nn. medianus und ulnaris am Handgelenk. Chir. Praxis 2 (1959) 197-206.

49. OLIVEIRA, J.C. de: Barton's fractures. J. Bone Jt. Surg. 55-A (1973) 586-594.

50. PANNIKE, A.: Frakturen des distalen Radiusendes: Indikation und Technik operativer Behandlung. Langenbecks Arch. 334 (1973) 181-187.

51. REHN, J.: Behandlungsergebnisse typischer Radiusfrakturen. Der Chirurg: 36 (1965) 206-211.

52. REILL, P.: Korrekturosteotomien bei deform ausgeheilten Radiusfrakturen. Orthopäde 4 (1975) 28-31.

53. RENNÉ, J. und H. SCHMELZEISEN: Zur operativen Korrektur unter Verkürzung und in Fehlstellung verheilter typischer Radiusfrakturen in Handgelenksnähe. Mtschr. Unfallheilkunde 77 (1974) 111-117.

54. RICKLIN, P.: Teilarthrodesen des Handgelenkes. Z. f. Unfallmedizin u. Berufskrankheiten 67 (1974) 120-125.

55. SCHELLMANN, W.D.: Technik und Indikation zur Behandlung posttraumatischer Längenunterschiede an den Unterarmknochen. Hefte zur Unfallheilkunde 132 (1978) 476-483.

56. SCHRAMM, W.: Klinische und tierexperimentelle Untersuchungen über die Transplantation autoplastischer Spongiosa. H. Unfallheilkunde 104 (1970).

57. SCHWEIBERER, L.: Frakturen und Luxationen im Bereich des distalen Radiusendes und der Handwurzel. Frakturen des distalen Radiusendes: Klassifizierung und konservative Behandlung. Langenbecks Arch. Chir. 334 (1973) 171-179.

58. SCHWEIBERER, L.: Der heutige Stand der Knochentransplantation. Chirurg 42 (1971) 252-257.

59. SPIER, H.W.: Die operative Behandlung des Ulnavorschubes. Mtschr. Unfallheilkunde 69 (1966) 257-261.

60. SPRING, R.: Korrekturosteotomie am distalen Radius nach Fraktur mit Heilung in Fehlstellung. Z. f. Unfallmedizin und Berufskrankheiten 67 (1974) 131-134.

61. STEINMANN, R. und W. SPIER: Operative Behandlung distaler Radiusfrakturen. Akt. Traumatologie 10 (1980) 185-196.

62. STOCKMANN, U., D. BIRNBAUM, E.-W. BÜSING, W. HEPP, B. LIEPE und W. ZUSCHNEID: Die Problematik der distalen Radiusfraktur aus der Sicht des Patienten. Unfallheilkunde 79 (1976) 71-74.

63. THELEN, E.: Analyse der Behandlungsverfahren bei Unterarmbrüchen. Hefte Unfallheilkunde 129 (1977) 107-110.

64. TITZE, A.: Die operative Behandlung des handgelenknahen Speichenbruches. Orthopäde 4 (1975) 23-27.

65. TURNER, H.: Über Nervenschädigungen beim typischen Radiusbruch. Arch. Klin. Chir. 128 (1924) 422-436.

66. WALCHER, K.: Behandlungsmöglichkeiten des in Fehlstellung verheilten Speichenbruchs. Orthopäde 4 (1975) 32-35.

67. WEISS, H., C.D. WILDE und H. BERNS: Vergleichende Behandlungsergebnisse zwischen operativ und konservativ versorgten besonderen Frakturformen am Radius loco typico. Hefte zur Unfallheilkunde 132 (1978) 418-422.

68. WELLNITZ, G.: Die typische Radiusfraktur und das Sudeck'sche Syndrom. Zbl. Chir. 84 (1959) 150-153.

69. WILHELM, A.: Die Denervation des Handgelenks. Z. f. Unfallmedizin u. Berufskrankheiten 67 (1974) 113-119.

70. WILLENEGGER, H. und A. GUGGENBÜHL: Zur operativen Behandlung bestimmter Fälle von distalen Radiusfrakturen. Helv. chir. acta 26 (1959) 81-94.

71. ZILCH H. und G. FRIEDEBOLD: Indikation, Technik und Ergebnisse der Korrekturoperationen bei posttraumatischen Längendifferenzen der Unterarmknochen. H. Unfallheilkunde 132 (1978) 483-485.

Herrn Professor Dr. K. Wilhelm danke ich für die Überlassung des Themas, die Arbeitsmöglichkeit in der Chirurgischen Universitätsklinik und das Interesse, das er der Durchführung der Untersuchungen und der Zusammenstellung der Ergebnisse widmete.

LEBENSLAUF

Am 30.8.1954 wurde ich als Tochter des Großhandelskaufmanns Martin Hartl und der leitenden Angestellten Marianne Birkenfeld in Herrsching am Ammersee geboren.

Von 1960 - 1964 besuchte ich die Grundschulen in Pullach und Ebenhausen bei München, von 1965 - 1974 das Neusprachliche St.-Ursula-Gymnasium in Schloß Hohenburg bei Lenggries, wo ich am 22.6.1974 die Reifeprüfung ablegte.

Anschließend studierte ich bis 1976 Physik an der Universität München.

Von 1976 - 1978 war ich am Physiologischen Institut der Universität München als studentische Hilfskraft tätig.

Im Wintersemester 1978 immatrikulierte ich mich als Studentin der Medizin an der Universität München.
Im März 1980 legte ich das Physikum und im April 1984 das Medizinische Staatsexamen ab.